

ICS 91.100.15

CCS Q 13

团 体 标 准

T/TMAC ×××—202X

高品质再生集料技术规程

Technical specification for high-quality recycled aggregates

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

已授权的专利证明材料为专利证书复印件或扉页，已公开但尚未授权的专利申请证明材料为专利公开通知书复印件或扉页，未公开的专利申请的证明材料为专利申请号和申请日期。

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中国技术市场协会 发布

中国技术市场协会（TMAC）是科技领域内国家一级社团，以宣传和促进科技创新，推动科技成果转移转化，规范交易行为，维护技术市场运行秩序为使命。为满足市场需要，做大做强科技服务业，依据《中华人民共和国标准化法》《团体标准管理规定》，中国技术市场协会有序开展标准化工作。本团体成员和相关领域组织及个人，均可提出修订 TMAC 标准的建议并参与有关工作。TMAC 标准按《中国技术市场协会团体标准管理办法》《中国技术市场协会团体标准工作程序》制定和管理。TMAC 标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议多数专家、成员的同意，方可予以发布。

在本规程实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料反馈至中国技术市场协会，以便修订时参考。

本规程著作权归中国技术市场协会所有。除了用于国家法律或事先得到中国技术市场协会正式授权或许可外，不许以任何形式复制本文件。第三方机构依据本规程开展认证、评价业务，须向中国技术市场协会提出申请并取得授权。

中国技术市场协会地址：北京市海淀区复兴路甲 23 号城乡华懋大厦 12 层 1217 室。

邮政编码：100036 电话：010-68270447 传真：010-68270453

网址：www.ctm.org.cn 电子信箱：136162004@qq.com

目 次

前言..... II

引言..... III

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 总则..... 1

5 集料类型..... 1

6 设计要求..... 2

7 生产要求..... 3

 7.1 一般规定..... 3

 7.2 生产试验要求..... 3

 7.3 保护技术..... 4

8 验收..... 5

 8.1 基本规定..... 5

 8.2 检验规则..... 5

 8.3 批次与取样..... 5

 8.4 判定规则..... 5

 8.5 质量验收..... 5

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由四川省公路规划勘察设计研究院有限公司、四川省公路院宏途新材料科技有限公司提出。

本文件由中国技术市场协会归口管理。

本文件起草单位：四川省公路规划勘察设计研究院有限公司、四川省公路院宏途新材料科技有限公司、四川省川交公路工程咨询有限公司、四川交通职业技术学院。

本文件主要起草人：牟廷敏、康玲、范碧琨、徐屹等。

引 言

为贯彻落实党中央、国务院关于高质量发展和低碳发展的战略目标，推动工业废料产品化、产业化升级，更好地规范和指导工业废料的高值化利用，加强环境保护，根据交通运输部科技项目、四川省交通运输科技项目，以及四川省公路规划勘察设计研究院有限公司的企业自立科技项目研究成果，特提出此规程。

本规程提出了高品质再生集料的术语和定义、分类与类别、设计要求、生产要求和验收，用于指导高品质再生集料的设计、生产与质量控制、检验与评价，主要应用场景包括以下几个方面（包括但不限于）：

1. 高强度等级的普通水泥混凝土；
2. 超高性能混凝土（UHPC）和高韧性混凝土；
3. 高性能水泥基灌浆材料；
4. 高韧性水泥基浆体材料；
5. 公路沥青混凝土；
6. 城市道路沥青混凝土；
7. 高性能沥青砂。

高品质再生集料技术规程

1 范围

本规程规定了高品质再生集料术语和定义、分类与类别、设计要求、生产要求和验收等。

本规程适用于高强度等级的普通水泥混凝土、超高性能水泥混凝土（UHPC）、高韧性混凝土、高性能水泥基灌浆材料、高韧性水泥基浆体材料、公路沥青混凝土、城市道路沥青混凝土、高性能沥青砂等材料制备、生产和质量验收。

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 6566 建筑材料放射性核素限量
GB/T 14684 建设用砂
GB/T 14685 建设用碎石、卵石
GB/T 17671 水泥胶砂强度检验方法（ISO 法）
JC/T 986 水泥基灌浆材料
JTG 3420 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

再生集料 recycled aggregate

选用工业废渣或尾料，通过冷却、破碎与筛分、造型与修磨、活性激活等工艺流程，将工业废渣或尾料制备成为生产水泥或沥青混凝土的粗细集料。

3.2

高品质再生集料 high-quality recycled aggregate

通过再生集料工业化整形、表面激活等工艺，将再生集料制造成为筒压强度、压碎值、针片状、颗粒握裹力、磨光值等指标等于或优于石英砂、玄武岩砂及玄武岩碎石的集料，且制备的水泥或沥青混凝土、砂浆强度指标更高。

注：集料工业化整形：采用机械工艺流程，实现工业化颗粒整形，基于专用化学激活剂提升工业废料的活性，成为高品质集料。工业化整形指的是通过机械或自动化设备对工业废料的原材料进行外观形态修整、颗粒筛选配比，从而满足质量要求。

4 总则

4.1 高品质再生集料的原材料用炼钢废渣集料和矿山尾矿集料，除应符合现行规范和技术标准要求外，还应符合环保和安全相关标准、规范要求。

4.2 高品质再生粗集料、细集料的设计要求，生产要求与验收等内容，应符合碎石、机制砂的相关规程要求。

4.3 为规范高品质再生集料的原材料选择、加工制造升级、质量验收，使建设工程满足安全可靠、适用耐久、经济合理、低碳环保要求，制定本规程。

4.4 使用高品质再生集料制备的混凝土，工程结构使用寿命应满足设计使用年限要求。

4.5 高品质再生集料原材料选择、加工制造升级、质量验收等，除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

5 集料类型

5.1 按产源分为炼钢废渣集料和矿山尾矿集料。

5.2 按最大粒径的粗细分为粗集料（碎石）和细集料（砂）。

5.3 细集料按细度模数分为特细砂、细砂、中砂、粗砂。其中特细砂的细度模数为 0.7~1.5，细砂 1.6~2.2，中砂 2.3~3.0，粗砂 3.1~3.7。

5.4 高品质再生集料分为水泥混凝土、水泥砂浆用的高品质再生集料，和沥青混凝土、沥青砂用的高品质再生集料。

注：高品质再生集料粒径应符合筛孔尺寸 0.075mm、0.15mm、0.3mm、0.6mm、1.18mm、2.36mm、4.75mm、9.5mm、16.0mm、19.0mm、26.5mm、31.5mm 的要求，颗粒坚硬、滚圆、无杂质，集料的细度模数值浮动宜 ≤ 0.2 ，集料的需水比浮动宜 $\leq 2\%$ 。

6 设计要求

6.1 高品质再生集料的生产原料应为炼钢废渣集料和矿山尾矿集料。

注：高品质再生集料的原材料选择，应选用性能稳定的惰性材料。但是，工业废渣中，也存在遇水膨胀，导致混凝土体积变化开裂的废渣，比如，工业废料中的钢渣就是典型代表。因此，原材料选用中，应仔细甄别。

6.2 集料的颗粒级配组成应满足表 1、表 2 要求。采用炼钢废渣集料作为高品质再生集料时，细集料的累计筛余量除 4.75mm 和 0.6mm 筛档外，其余各档累计筛余量均不得超过表 1 所示限值的 5%。

表 1 细集料累计筛余量

级配区	1 区	2 区	3 区
筛孔尺寸/mm	累计筛余量 (%)		
4.75	5~0	5~0	5~0
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	97~85	94~80	94~75

表 2 粗集料累计筛余量

连续级配	5~25mm	5~31.5mm
筛孔尺寸/mm	累计筛余量 (%)	
31.5	0	5~0
26.5	5~0	-
19	-	45~15
16	70~30	-
9.5	-	90~70
4.75	100~90	100~90
2.36	100~95	100~95

6.3 细集料的粉体含量（按质量计）宜小于 10.0%。

6.4 高品质再生集料中云母、轻物质、有机物、硫酸盐、氯化物、放射性等有害物质含量应符合表 3 所示要求。

表 3 有害物质含量要求

类别	细集料	粗集料
云母（质量分数）/%	≤ 1.0	-
轻物质（质量分数）/%	≤ 1.0	-
有机物	合格	合格
硫化物及硫酸盐 （按 SO ₃ 质量计）/%	≤ 0.5	≤ 0.9
氯化物 （以氯离子质量计）/%	≤ 0.01	-

表 3 有害物质含量要求

类别	细集料	粗集料
放射性	$I_{Ra} \leq 1.0$, $I_r \leq 1.0$	

6.5 高品质再生细集料采用硫酸钠溶液进行试验时，质量损失应 $\leq 8.0\%$ ；高品质再生粗集料采用硫酸钠溶液进行试验时，质量损失应 $\leq 3.0\%$ 。

6.6 高品质再生细集料的压碎值宜 $\leq 30\%$ ，片状颗粒含量宜 $\leq 10\%$ ；高品质再生粗集料的压碎值宜 $\leq 20\%$ ，针片状颗粒含量宜 $\leq 5\%$ 。

注：试验研究表明，高品质再生集料粒径从粗到细，各级压碎值逐渐降低，表明高品质再生集料的原材料具有多孔、颗粒坚固的特点；而高品质再生集料用于制备高性能水泥混凝土和沥青混凝土，混凝土成品的集料孔隙里充满了高强度的水泥浆体和沥青黏结材料，形成了内外强度匀质的结构，强度高、延性好，锚固力强。因此，确定的压碎值指标更具有针对性。

6.7 高品质再生集料应进行膨胀率试验，碱活性评定结果应满足相关要求。

7 生产要求

7.1 一般规定

7.1.1 生产高品质集料的原材料应分类堆放，堆放场地应具有防风、防雨、排水能力。

7.1.2 高品质再生集料生产装备建设，应具有防粉尘、防噪声的功能。

7.1.3 高品质再生集料的制造生产，宜采用自动化烘干、整形、激活、出料、包装、装运与储存的工艺流程。

7.1.4 高品质再生集料原材料的分料、生产线、传输线、包装、转运等宜采用自动化设备。

7.1.5 根据保质期要求，高品质再生集料烘干程度应通过试验确定。

7.1.6 高品质再生集包装，可选择袋装和散装，袋装成品每袋净含量宜为 200kg，并不应小于标志质量的 98%。

7.1.7 高品质再生集料生产过程中应做好检验资料的记录和管理，应实现成品可追溯的目标要求。

7.2 生产试验要求

7.2.1 细集料生产试验要求应按表 4 所示进行。

表 4 细集料生产试验要求

序号	技术指标	试验方法
1	颗粒级配	GB/T 14684 建设用砂
2	粉体含量	
3	云母含量	
4	轻物质含量	
5	有机物含量	
6	硫化物和硫酸盐含量	
7	氯化物含量	
8	坚固性	
9	压碎值	
10	片状颗粒含量	
11	表观密度、堆积密度、空隙率	
12	碱骨料反应	
13	吸水率	
14	放射性	GB 6566 建筑材料放射性核素限量

7.2.2 粗集料生产试验要求应按表 5 所示进行。

表 5 粗集料生产试验要求

序号	技术指标	试验方法
1	颗粒级配	GB/T 14685 建设用卵石、碎石
2	粉体含量	
3	针片状颗粒含量	
4	不规则颗粒含量	
5	有机物含量	
6	硫化物和硫酸盐含量	
7	坚固性	
8	压碎值	
9	表观密度、堆积密度、空隙率	
10	吸水率	
11	碱骨料反应	GB/T 14685 建设用卵石、碎石
12	放射性	GB 6566 建筑材料放射性核素限量
13	磨光值	JTG 3432 公路工程集料试验规程

7.2.3 高品质再生集料水泥混凝土/砂浆、沥青混凝土/砂浆的主要力学性能，应高于石英砂、玄武岩集料水泥混凝土/砂浆、沥青混凝土/砂浆的相应指标。

7.2.4 高品质再生集料水泥混凝土/砂浆的收缩率，应小于石英砂、玄武岩集料水泥混凝土/砂浆的收缩率。

7.2.5 高品质再生集料水泥混凝土/砂浆、沥青混凝土/砂浆的耐磨性和握裹力，应大于石英砂、玄武岩集料水泥混凝土/砂浆、沥青混凝土/砂浆的相应指标。

7.2.6 高品质再生集料水泥混凝土/砂浆的抗裂、抗渗、抗冻、抗硫酸盐、抗氯离子的性能，应高于石英砂、玄武岩集料水泥混凝土/砂浆的相应指标。

7.2.7 高品质再生集料沥青混凝土/砂浆的高温稳定和抗车辙，及低温抗裂的性能，应高于石英砂、玄武岩集料沥青混凝土/砂浆的相应指标。

7.2.8 采用炼钢废渣集料拌制的沥青、水泥混凝土及应用工程，缓解城市热岛效应，吸收空气中污染物。

注：由于汽车尾气等空气污染容易形成酸雨、臭氧和烟雾等不良天气，造成环境污染。采用高钛重矿渣工业废料制作的高品质再生集料，拌制的混凝土是一种利用含有二氧化钛的添加物，在阳光作用下产生出氧化氮并转化成无害的硝酸盐，既吸收汽车排放的废气，又可在大雨中被冲刷带走，将污染降到最低。

7.3 保护技术

7.3.1 集料出场时应有合格证书，合格证书宜包括下列内容：

- 名称、类别和规格；
- 集料类型；
- 批量编号和供货数量；
- 检验结果、日期及执行标准编号；
- 合格证编号及日期；
- 检验部门、人员及签章。

7.3.2 集料运输应符合下列规定：

- 装卸工具应清洁、无杂物；
- 运输、装卸过程中应采取防止粉尘飞扬、颗粒离析和混入杂物的措施等。

7.3.3 集料存储应符合下列规定：

- 堆放场地应经过硬化处理，具备完善的排水措施，场地保持清洁；
- 堆放过程应采取措施防止颗粒分层，堆放高度不宜超过 5m；
- 集料应按规格和类别分别堆放，不得混放，避免久存、倒堆、碾压等；
- 集料应堆放在防风、防雨、防扬尘的专用场地内。

8 验收

8.1 基本规定

8.1.1 高品质再生集料在材料控制、施工管理、质量检验评定中，除应符合本规程外，尚应符合现行国家、行业颁布的相关规范的规定。

8.1.2 根据建设任务、施工管理和质量检验评定需要，应在施工准备阶段将集料使用的建设项目划分为单位工程、分部工程、分项工程。

8.2 检验规则

8.2.1 高品质再生集料检验类型，分为型式检验、出场检验。

8.2.2 高品质再生集料的检验项目应符合表 6 的要求。

表 6 高品质再生集料检验项目表

序号	项目名称	型式检验	出场检验	序号	项目名称	型式检验	出场检验
1	放射性	+	-	10	含水率	+	*
2	压碎值	+	-	11	颗粒级配	+	+
3	碱骨料反应	+	*	12	粉体含量	+	+
4	磨光值	+	-	13	云母含量	+	-
5	表观密度	+	*	14	轻物质含量	+	-
6	松散堆积密度	+	+	15	有机物含量	+	-
7	空隙率	+	*	16	硫化物及硫酸盐含量	+	-
8	针片状颗粒含量	+	*	17	氯化物含量	+	*
9	坚固性	+	-	18	含泥量	+	+

注：“+”说明应检验，“*”说明可检验，“-”说明可不检验。

8.2.3 集料检验成果应制定专门的记录图片，并整理成册备查和归档。

8.3 批次与取样

8.3.1 检验批量宜根据生产规模而定，产量超过 2000 t/日时，应以同一品种、同一规格、同一类别的 1000 t 作为一批计；产量小于 2000 t/日时，应以同一品种、同一规格、同一类别的 600 t 作为一批计，不足 600 t 作为一批计。

8.3.2 取样方法应按照 GB/T 14684、GB/T 14685 的要求执行。

8.4 判定规则

8.4.1 型式检验指标不合格时，应重新双倍取样检验，检验不合格时应判定型式检验不合格。

8.4.2 出场检验指标不合格时，应重新双倍取样检验，检验不合格时应判定出场检验不合格。

8.5 质量验收

高品质再生集料验收时，按本规程及国家、行业标准进行检验评定，质量验收应符合表 7~表 9 所示要求。

表 7 炼钢废渣细集料质量验收要求

序号	检验项目	技术要求	检验方法
1	放射性	$I_{Ra} \leq 1.0, I_r \leq 1.0$	GB/T 14684 建设用砂
2	表观密度(kg/m ³)	≥ 2500	
3	松散堆积密度(kg/m ³)	≥ 1400	
4	松散堆积空隙率(%)	≤ 44	
5	细度模数	2.3-3.2	
6	粉体含量(%)	≤ 10	
7	片状颗粒含量(%)	≤ 10	
8	轻物质含量(%)	≤ 1	
9	有机物含量(%)	合格	
10	硫化物及硫酸盐含量(%)	≤ 0.5	

11	氯离子含量 (%)	≤ 0.1	
12	坚固性 (%)	≤ 8	
13	碱骨料反应	无	
14	压碎值 (%)	≤ 30	

表 8 矿山尾矿细集料质量验收要求

序号	检验项目	技术要求	检验方法
1	放射性	$I_{Ra} \leq 1.0, I_r \leq 1.0$	GB/T 14684 建设用砂
2	表观密度(kg/m ³)	≥ 2500	
3	松散堆积密度(kg/m ³)	≥ 1400	GB/T 14684 建设用砂
7	片状颗粒含量 (%)	≤ 10	
8	轻物质含量 (%)	≤ 1	
9	有机物含量 (%)	合格	
10	硫化物及硫酸盐含量 (%)	≤ 0.5	
11	氯离子含量 (%)	≤ 0.1	
12	坚固性 (%)	≤ 8	
13	碱骨料反应	无	

表 9 高品质再生粗集料质量验收要求

序号	检验项目	技术要求	检验方法
1	放射性	$I_{Ra} \leq 1.0, I_r \leq 1.0$	GB/T 14685 建设用卵石、碎石
2	表观密度(kg/m ³)	≥ 2500	
3	松散堆积空隙率 (%)	≤ 47	
4	针片状颗粒含量 (%)	≤ 5	
5	不规则颗粒含量 (%)	≤ 10	
6	有机物含量 (%)	合格	
7	硫化物及硫酸盐含量 (%)	≤ 0.5	
8	坚固性 (%)	≤ 5	
9	碱骨料反应	无	
10	压碎值 (%)	≤ 20	
11	磨光值 (%)	≥ 42	
12	筒压强度 (MPa)	≥ 8	

参 考 文 献

- [1]DB43/T 1167 高纯（SiO₂ 含量≥99.997%）石英砂
 - [2]DB51/T 1929 高钛重矿渣混凝土施工技术规范
 - [3]DB51/T 2424 高钛重矿渣桥梁高性能混凝土技术规范
 - [4]DB51/T 1995 机制砂桥梁高性能混凝土技术规范
 - [5]SCG F51 桥梁高性能混凝土制备与应用技术指南
 - [6]T/CECS 1555 碳中和建筑评价标准
-