

公路铁尾矿集料混凝土施工技术规范

2023 - 01 - 18 发布

2023 - 04 - 18 实施

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 原材料技术要求 2

5 混凝土配合比 5

6 混凝土生产与施工 6

7 质量管理与验收 6

附录 A（规范性） 重金属浸出浓度测试方法..... 9

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。

本文件由山西省交通运输厅提出、组织实施和监督检查。

山西省市场监督管理局对标准的组织实施情况进行监督检查。

本文件由山西省交通运输标准化技术委员会（SXS/TC37）归口。

本文件起草单位：山西省路桥建设集团有限公司、武汉理工大学、山西路桥集团左涉公路有限公司、长治市武理工工程技术研究院。

本文件主要起草人：温郁斌、周明凯、宋竹兵、张亚军、郭子强、赵云海、郝松梅、贾坚华、史鹏鸿、陈潇、高鹏、梁彦龙、白建宝、韩志斌、梁紫浩、张晓平、刘晓青、耿晓勇、王玮、王越非、郎立鹏、韩世冰、李荣、申铁军。

公路铁尾矿集料混凝土施工技术规范

1 范围

本文件规定了公路工程中铁尾矿集料水泥混凝土的原材料技术要求、混凝土配合比、混凝土生产与施工、质量管理与验收等内容。

本文件适用于公路桥涵、隧道、路面及附属工程，市政、铁路、水利等工程可参照使用。

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 1596 用于水泥和混凝土中的粉煤灰
- GB 5085.3-2007 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别
- GB 6566 建筑材料放射性核素限量
- GB 8076 混凝土外加剂
- GB/T 14684 建设用砂
- GB/T 14685 建设用卵石、碎石
- GB/T 18046 用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉
- GB 23439 混凝土膨胀剂
- GB/T 27690 砂浆和混凝土用硅灰
- GB/T 50107 混凝土强度检验评定标准
- GB 50119 混凝土外加剂应用技术规范
- GB 50164 混凝土质量控制标准
- GB 50666 混凝土结构工程施工规范
- HT/J 299 固体废物 浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法
- JCJ 63 混凝土用水标准
- JC 475 混凝土防冻剂
- JGJ 55 普通混凝土配合比设计规程
- JGJ/T 193 混凝土耐久性检验评定标准
- JTG/T F30 公路水泥混凝土路面施工技术规范
- JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
- JTG/T 3310 公路工程混凝土结构耐久性设计规范
- JTG/T 3420 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程
- JTG/T 3650 公路桥涵施工技术规范
- JTG/T 3660 公路隧道施工技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

铁尾矿石

铁矿石选矿过程中被废弃的含铁量低的岩石。

3.2

铁尾矿集料

铁尾矿粗集料、铁尾矿细集料的总称。

3.3

铁尾矿粗集料

铁尾矿石制备的粒径大于4.75mm的集料，以及粒径大于4.75mm、小于31.5mm的铁尾矿石。

3.4

铁尾矿细集料

铁尾矿砂和铁尾矿石屑统称为铁尾矿细集料。

3.5

铁尾矿石屑

铁尾矿石制备的粒径小于4.75mm的集料。

3.6

铁尾矿砂

铁矿石经磨细、分选后产生的粒径小于4.75mm的颗粒。

3.7

石粉含量

铁尾矿细集料中粒径小于0.075mm的颗粒含量。

3.8

铁尾矿集料混凝土

全部或部分采用铁尾矿集料配制的水泥混凝土。

4 原材料技术要求

4.1 水泥和矿物掺合料技术要求

水泥应符合GB 175的有关规定，粉煤灰应符合GB/T 1596的有关规定，粒化高炉矿渣粉应符合GB/T 18046的有关规定，硅灰应符合GB/T 27690的有关规定。

4.2 外加剂技术要求

混凝土减水剂、引气剂、早强剂应符合GB 8076、GB 50119的有关规定，混凝土膨胀剂应符合GB 23439的有关规定，防冻剂应符合JC 475的有关规定，且外加剂应与铁尾矿集料、水泥和其它矿物掺合料有良好的适应性，并应经试验验证。

4.3 拌和用水技术要求

混凝土拌和水应符合JCJ 63的有关规定。

4.4 铁尾矿集料技术要求

4.4.1 铁尾矿石取用前应先人工或机械清除表面覆盖的土层或软弱风化层，单轴抗压强度不低于60MPa。

4.4.2 铁尾矿集料制备应符合下列规定：

- a) 铁尾矿石宜采用颚式破碎机破碎至10cm左右，再采用冲击式或者反击式破碎机进行二级破碎。
- b) 当铁尾矿石屑不能满足要求时，也可采用制砂机将铁尾矿石直接加工成细集料使用；当铁尾矿细集料石粉含量过高时，宜配备除尘等设备降低石粉含量。
- c) 铁尾矿集料的粒径尺寸与筛孔尺寸对应关系宜符合表1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1mm~2mm。

表1 粒径尺寸与筛孔尺寸对应表

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

4.4.3 铁尾矿粗集料技术要求：

- a) 铁尾矿粗集料的重金属浸出浓度和放射性应符合表2规定。

表2 铁尾矿粗集料环保性能要求

项目	技术要求				试验方法
放射性	$I_{Ra} \leq 1.3$ 且 $I_r \leq 1.9$				GB 6566
重金属浸出浓度	重金属种类	浓度限值/（mg/L）	重金属种类	浓度限值/（mg/L）	见附录A
	砷（As）	0.1	铜（Cu）	1.0	
	铅（Pb）	0.3	镍（Ni）	0.2	
	镉（Cd）	0.03	锌（Zn）	1.0	
	铬（Cr）	0.2	锰（Mn）	1.0	

- b) 铁尾矿粗集料的技术要求应符合表3的规定。

表3 铁尾矿粗集料技术要求

项目	I	II	III	试验方法
	>C50	C30~C50	<C30	
硫化物及硫酸盐含量（按SO ₃ 质量计）/%	≤1.0			GB/T 14685
含泥量（按质量计）/%	≤0.5	≤1.0	≤1.5	
泥块含量（按质量计）/%	≤0.2	≤0.5	≤0.7	
针片状颗粒总含量（按质量计）/%	≤5	≤10	≤15	
有机物	合格	合格	合格	
坚固性（硫酸钠溶液法质量损失值）/%	≤5	≤8	≤12	
压碎指标/%	≤10	≤20	≤30	
松散堆积空隙率/%	≤43	≤45	≤47	
吸水率/%	≤1.0	≤2.0	≤2.0	
碱集料反应	经碱集料反应试验后，试件应无裂缝、酥裂、胶体外溢等现象，在规定的试验龄期膨胀率小于0.10%			

- c) 铁尾矿粗集料级配与规格应符合表 4 的规定。粗集料宜根据混凝土最大粒径采用连续两级配或连续多级配。单粒粒级宜用于组合成满足要求的连续粒级;亦可与连续粒级混合使用,改善其级配或配成较大粒度的连续粒级。

表4 铁尾矿粗集料的级配与规格

公称粒级 mm		通过下列方孔筛/mm的累计筛余/%							
		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	0	0	0
	5~20	95~100	90~100	40~80	/	0~10	0	0	0
	5~25	95~100	90~100	/	30~70	/	0~5	0	0
	5~31.5	95~100	90~100	70~90	/	15~45	/	0~5	0
单粒粒级	5~10	95~100	80~100	0~15	0	0	0	0	0
	10~16	/	95~100	80~100	0~15	0	0	0	0
	10~20	/	95~100	85~100	/	0~15	0	0	0
	16~25	/	/	95~100	55~70	25~40	0~10	0	0
	16~31.5	/	95~100	/	85~100	/	/	0~10	0

4.4.4 铁尾矿石屑技术要求:

- a) 铁尾矿石屑的重金属浸出浓度和放射性应符合表 5 的规定。

表5 铁尾矿石屑的环保性能要求

项目	I	II	III	试验方法
放射性	$I_{Ra} \leq 1.3$ 且 $I_r \leq 1.9$			GB 6566
重金属浸出浓度	同表2			见附录 A

- b) 铁尾矿石屑技术要求应符合表 6 的规定。

表6 铁尾矿石屑的技术要求

项目	I	II	III	试验方法
硫化物及硫酸盐含量（按SO ₃ 质量计）/%	≤1.0			GB/T 14684
云母（按质量计）/%	≤1.0	≤2.0		
轻物质（按质量计）/%	≤1.0			
有机物	合格			
坚固性（硫酸钠溶液法）质量损失/%	≤8		≤10	
表观密度/（kg/m ³ ）	≥2600			GB/T 14684
松散堆积密度/（kg/m ³ ）	≥1400			
空隙率/%	≤44			GB/T 14684
碱集料反应	经碱集料反应试验后，试件应无裂缝、酥裂、胶体外溢等现象，在规定的试验龄期膨胀率小于0.10%			

c) 铁尾矿石屑 MB 值、石粉含量和泥块含量应符合表 7 的规定。

表7 铁尾矿石屑 MB 值、石粉含量和泥块含量

检测指标	类别		I	II	III
石粉含量/%	适用混凝土强度等级		≥C50	C30~C50	<C30
	桥涵结构物	MB值<1.4或合格	≤7.0	≤10.0	≤12.0
		MB值≥1.4或不合格	≤1.0	≤3.0	≤5.0
	路面	MB值<1.4或合格	≤3.0	≤5.0	≤7.0
		MB值≥1.4或不合格	≤1.0	≤3.0	≤5.0
泥块含量/%	/		≤0.5	≤1.0	≤2.0

d) 铁尾矿石屑颗粒级配应符合表 8 的规定，实际颗粒级配除 4.75mm 和 0.6mm 筛档外，可以略有超出，但各级累计筛余超出值总和应不大于 5%。

表8 铁尾矿石屑的颗粒级配

级配区	1区	2区	3区
方孔筛	累计筛余/%		
4.75mm	10~0	10~0	10~0
2.36mm	35~5	25~0	15~0
1.18mm	65~35	50~10	25~0
0.6mm	85~71	70~41	40~16
0.3mm	95~80	92~70	85~55
0.15mm	97~85	94~80	94~75

4.4.5 铁尾矿砂技术要求：铁尾矿砂宜与普通机制砂或铁尾矿石屑掺配使用，掺配的细集料应符合本文件 4.4.4 相关技术要求。

5 混凝土配合比

5.1 一般规定

5.1.1 铁尾矿集料混凝土配合比设计应符合 JGJ 55 的有关规定。

5.1.2 铁尾矿集料混凝土性能及试验方法应符合 JTG/T F30、JTG/T 3650、JTG/T 3660、JTG/T 3420 的有关规定。

5.1.3 铁尾矿混凝土进行耐久性设计时，环境类别和作用等级、原材料的选用、配合比设计等均应符合 JTG/T 3310 的规定。

5.2 配合比设计要点

5.2.1 铁尾矿粗集料可全部或部分替代普通碎石配制混凝土；铁尾矿石屑可全部或部分替代普通机制砂或普通河砂配制混凝土；铁尾矿砂宜与普通机制砂或铁尾矿石屑掺配作为细集料配制混凝土；铁尾矿砂不宜单独作为细集料配制混凝土。

5.2.2 采用铁尾矿作细集料配制的混凝土砂率应根据细度模数、石粉含量等因素经试验确定。若石粉含量越高，其合适砂率越低。铁尾矿石屑混凝土的砂率与普通机制砂混凝土相当，在 34%~45%之间。

5.2.3 配制相同强度等级的混凝土，采用铁尾矿砂配制的混凝土的用水量宜在天然砂混凝土用水量基础上依据试验结果适当增加 5kg~10kg，采用铁尾矿集料配制的混凝土用水量与普通集料混凝土用水量相近。铁尾矿集料混凝土的用水量不宜大于 180kg/m³。

5.2.4 铁尾矿集料混凝土的胶凝材料不宜单独使用水泥，宜掺用粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、硅灰等一种或多种矿物掺合料的组合。与普通集料混凝土相比，铁尾矿集料混凝土的胶凝材料用量宜提高 5kg/m³~10kg/m³。

5.2.5 选用外加剂时，应考虑外加剂与铁尾矿集料的适应性，需进行混凝土拌和物坍落度经时损失试验，泵送施工时经时损失不宜大于 30mm/h。

5.2.6 当采用假定容重法设计铁尾矿集料混凝土时，其假定容重较普通混凝土宜增加 20kg/m³~40kg/m³。

6 混凝土生产与施工

6.1 一般规定

6.1.1 在铁尾矿集料混凝土生产和施工过程中，应对原材料的计量、混凝土搅拌、拌和物运输、混凝土浇注、拆模及养护进行全过程控制。

6.1.2 铁尾矿混凝土的生产与施工与普通混凝土类似，应符合 GB 50164、GB 50666、JTG/T 3650、JTG/T F30、JTG/T3660 的有关规定。

6.2 生产与施工要点

6.2.1 应根据铁尾矿石屑、铁尾矿砂的含水量变化及时调整混凝土的生产配合比。

6.2.2 采用铁尾矿石屑或铁尾矿砂为细集料的混凝土搅拌时间应在天然砂混凝土搅拌时间的基础上延长 10s~15s。

6.2.3 采用铁尾矿石屑或铁尾矿砂为细集料的混凝土振捣密实后，应仔细将混凝土暴露面压实抹平，抹压后应及时进行保湿养护。

7 质量管理与验收

7.1 质量管理

铁尾矿粗集料应按表 9 所列项目和要求检测评定，铁尾矿石屑应按表 10 所列项目和要求检测评定，其他原材料按照相关标准和设计要求检测评定。

表9 铁尾矿粗集料检测项目与要求

检测项目	频度	技术要求			试验方法	
		I	II	III		
		>C50	C30~C50	<C30		
颗粒级配	使用前取2个，使用过程中每600t取样2个（不足600t，按600t计），结果以2个样品检测结果平均值为准	符合表3要求			GB/T 14685	
含泥量（按质量计）/%	仅在料源发生变化时进行	≤0.5	≤1.0	≤1.5		
泥块含量（按质量计）/%		≤0.2	≤0.5	≤0.7		
压碎指标/%		≤10	≤20	≤30		
针片状颗粒含量（按质量计）/%		≤5	≤10	≤15		
坚固性（硫酸钠溶液法质量损失值）/%		≤5	≤8	≤12		
有机物		合格	合格	合格		
松散堆积空隙率/%		≤43	≤45	≤47		
吸水率/%		≤1.0	≤2.0	≤2.0		
硫化物及硫酸盐含量（按SO ₃ 质量计）/%		≤1.0				
碱集料反应		经碱集料反应试验后，试件应无裂缝、酥裂、胶体外溢等现象，在规定的试验龄期膨胀率小于0.10%				
放射性		符合表2要求				GB 6566
重金属浸出浓度		符合表2要求				见附录 A

表10 铁尾矿石屑检测项目与要求

检测项目	频度	技术要求			试验方法
		I	II	III	
颗粒级配	使用前取2个，使用过程中每600t取样2个（不足600t，按600t计），结果以2个样品检测结果平均值为准	符合表6要求			GB/T 14684
石粉含量与MB值		符合表5要求			
泥块含量		≤0.5	≤1.0	≤2.0	
云母（按质量计）/%	仅在料源发生变化时进行	≤1.0	≤2.0		
轻物质（按质量计）/%		≤1.0			
有机物		合格	合格	合格	
坚固性 （硫酸钠溶液法）质量损失/%		≤8		≤10	
表观密度/ kg/m ³		≥2600			
松散堆积空隙率/ kg/m ³		≥1400			

表 10（续）

检测项目	频度	技术要求			试验方法
		I	II	III	
硫化物及硫酸盐含量 （按SO ₃ 质量计）/%	仅在料源发生变化时进行	≤1.0			GB/T 14684
碱集料反应		经碱集料反应试验后，试件应无裂缝、酥裂、胶体外溢等现象，在规定的试验龄期膨胀率小于0.10%			
放射性		符合表5要求			GB 6566
重金属浸出浓度		符合表5要求			见附录A

7.2 过程检测

铁尾矿集料混凝土过程检测主要指混凝土拌合物性能检测，包括坍落度与和易性检测、凝结时间检测，需满足设计与施工要求。其中坍落度与和易性检测在搅拌与浇注地点进行，凝结时间检测可以在搅拌地点进行。

7.3 质量验收

- a) 铁尾矿集料混凝土强度检验评定应符合GB/T 50107的有关规定，其它力学性能检验应符合设计要求。
- b) 铁尾矿集料混凝土耐久性能检验评定和长期性能检验规则应符合JGJ/T 193的有关规定。
- c) 铁尾矿集料混凝土工程施工质量验收应满足JTG/T 3650、JTG F80/1的相关要求。

附 录 A
(规范性)
重金属浸出浓度测试方法

A.1 浸出液制备

取样品在105℃烘箱中烘干至恒重后，然后按照HJ/T 299要求制备浸出液；

A.2 重金属浓度检测

取浸出液，按照GB 5085.3-2007中附录A等离子体原子发射光谱方法，对样品中可能超标的铜、锌、镍、铅、镉、钡、总铬、砷等8种毒性效应较强的重金属浸出浓度进行检测。
