铁尾矿集料公路路面基层施工技术规范

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 1

4 原材料技术要求 2

5 混合料技术要求 4

6 施工 5

7 质量管理与验收 6

附录 A（规范性） 重金属浓度的测试方法 8

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、山西路桥集团试验检测中心有限公司。

本文件主要起草人：田正旺、陈潇、宋竹兵、张亚军、李金、梁彦龙、苗铭源、夏雨澍、周明凯、高鹏、赵云海、史鹏鸿、张晓平、梁紫浩、刘晓青、王玮、韩志斌、韩永林、荆智涛、王越非、王永岗、王明洁、申铁军。

铁尾矿集料公路路面基层施工技术规程

1 范围

本文件规定了铁尾矿集料在路面基层中的应用的适用条件、术语与定义、原材料技术要求、混合料技术要求、施工、质量管理与验收相关技术要求。

本文件适用于各等级公路路面基层、底基层的施工及验收，其他道路可参照执行。

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/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

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

JTG E42 公路工程集料试验规程

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 第一册 土建工程

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

铁尾矿石屑和铁尾矿砂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

水泥稳定铁尾矿混合料

以水泥为结合料，铁尾矿集料为主要被稳定材料，通过加水拌和形成的混合料。

3.8

水泥粉煤灰稳定铁尾矿混合料

以水泥和粉煤灰为结合料，铁尾矿集料为主要被稳定材料，通过加水拌和形成的混合料。

3.9

矿料

水泥稳定铁尾矿混合料和水泥粉煤灰稳定铁尾矿混合料中的集料部分，简称矿料。

4 原材料技术要求

4.1 铁尾矿粗、细集料制备要求

4.1.1 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。

4.1.2 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。

4.1.3 铁尾矿集料的粒径尺寸与筛孔尺寸对应关系应符合表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	19	26.5	31.5	37.5
筛孔尺寸 (mm)	5.5	11	22	31	36	43

4.2 铁尾矿粗集料技术要求

4.2.1 铁尾矿粗集料应洁净、无风化、无杂质，放射性及重金属浸出浓度应符合表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)	见附录A
	砷 (As)	0.1	
	铅 (Pb)	0.3	
	镉 (Cd)	0.03	
	铬 (Cr)	0.2	
	铜 (Cu)	1.0	
	镍 (Ni)	0.2	
	锌 (Zn)	1.0	
	锰 (Mn)	1.0	

4.2.2 铁尾矿粗集料技术要求应符合表 3 规定。

表 3 铁尾矿粗集料技术要求

指标	层位	高速公路和一级公路		二级及二级以下公路	试验方法
		极重、特重交通	重、中、轻交通		
压碎值/%	基层	≤25	≤26	≤32	JTG E42
	底基层	≤30	≤30	≤35	
针片状颗粒含量/%	基层	≤15	≤20	/	
	底基层	/	/	/	
0.075mm 以下颗粒含量/%	基层	≤1.2	≤2	/	
	底基层	/	/	/	
软石含量/%	基层	≤3	≤5	/	
	底基层	/	/	/	

4.2.3 铁尾矿粗集料规格要求应符合表 4 规定。

表 4 铁尾矿粗集料规格要求

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

4.2.4 粒径大于 4.75mm、小于 31.5mm 的铁尾矿石可与普通粗集料掺配使用，掺配后粗集料应符合表 3 和表 4 的规定。

4.3 铁尾矿细集料技术要求

4.3.1 铁尾矿细集料应洁净、无风化、无杂质，技术要求应符合表 5 规定。

表 5 铁尾矿细集料技术要求

项目	技术要求	试验方法
硫酸盐含量 (%)	≤0.5	T 0341
有机质含量 (%)	≤2.0	T 0313/0336
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

4.3.2 铁尾矿规格要求应符合表 6 规定。

表 6 铁尾矿细集料规格要求

公称粒径 (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
0~4.75	100	90~100	/	/	/	/	/	0~20

4.3.3 铁尾矿砂宜与铁尾矿石屑或普通细集料掺配使用，掺配后细集料规格要求应符合表 5 和表 6 的规定。

4.4 其他原材料技术要求

水泥、粉煤灰、拌和用水等其他材料应满足JTG/T F20的要求。

5 混合料技术要求

5.1 水泥稳定铁尾矿混合料技术要求

5.1.1 对于水泥稳定铁尾矿混合料，铁尾矿矿料合成级配应符合表 7 的规定。

- 用于高速公路与一级公路的底基层时，级配宜符合表 7 中 C-1 或 C-2 的规定，用于高速公路与一级公路的基层时，级配宜符合表 7 中 C-2 的规定。
- 用于二级公路的底基层时，级配宜符合 C-3 或 C-4 规定，用于二级公路的基层时，级配宜符合表 7 中 C-1 或 C-4 规定。
- 用于二级以下公路的基层、底基层时，级配宜符合表 7 中 C-3 或 C-4 的规定。

表 7 水泥稳定铁尾矿矿料的推荐级配范围 (%)

筛孔尺寸 (mm)	高速公路和一级公路		二级及二级以下公路	
	C-1	C-2	C-3	C-4
37.5	/	/	100	/
31.5	100	/	100~90	100
26.5	100~90	100	94~81	100~90
19	86~76	86~68	83~67	87~73
16	79~73	79~73	78~61	82~65
9.5	62~46	68~53	64~45	66~47
4.75	38~28	36~26	38~28	40~28
2.36	31~22	28~16	36~19	36~19
0.6	15~8	15~8	19~8	19~8
0.075	5~2	5~2	7~2	7~2

5.1.2 水泥稳定铁尾矿混合料的 7d 无侧限抗压强度应符合表 8 的规定。无侧限试件成型时宜延迟脱模 15min~30min。

表 8 水泥稳定铁尾矿混合料的 7d 龄期无侧限抗压强度标准 Rd (MPa)

结构层	公路等级	极重、特重交通	重交通	中、轻交通
基层	高速公路和一级公路	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	高速公路和一级公路	3.0~5.0	2.5~4.5	2.0~4.0
	二级及二级以下公路	2.5~4.5	2.0~4.0	1.0~3.0

5.1.3 水泥稳定铁尾矿混合料的水泥剂量不应低于 3%，并不应高于 5.5%。宜优先通过原材料技术指标

控制和级配优化设计提高混合料强度，不宜单纯通过提高水泥剂量来提高混合料强度。

5.2 水泥粉煤灰稳定铁尾矿混合料技术要求

5.2.1 对于水泥粉煤灰稳定铁尾矿混合料，铁尾矿矿料合成级配应符合表 9 的规定。

- a) 用于高速公路与一级公路的底基层时，级配宜符合表 9 中 CF-1 的规定，用于高速公路与一级公路的基层时，级配宜符合表 9 中 CF-2 的规定。
- b) 用于二级公路的底基层时，级配宜符合 CF-3 或 CF-4 规定，用于二级公路的基层时，级配宜符合表 9 中 CF-1 或 CF-4 规定。
- c) 用于二级以下公路的基层、底基层时，级配宜符合表 9 中 CF-3 或 CF-4 的规定。

表 9 水泥粉煤灰稳定铁尾矿矿料的推荐级配范围(%)

筛孔尺寸 (mm)	高速公路和一级公路		二级及二级以下公路	
	CF-1	CF-2	CF-3	CF-4
37.5	/	/	100	/
31.5	100	/	100~90	100
26.5	95~90	100	93~80	100~90
19	84~72	88~79	81~64	86~70
16	79~65	82~70	75~57	79~62
9.5	62~47	64~49	60~40	62~42
4.75	36~26	36~26	40~26	40~26
2.36	28~19	28~19	31~16	31~16
0.6	14~8	14~8	15~7	15~7
0.075	5~2	5~2	5~2	5~2

5.2.2 水泥粉煤灰稳定铁尾矿混合料的 7d 无侧限抗压强度应符合表 10 的规定。

表 10 水泥粉煤灰稳定铁尾矿混合料的 7d 龄期无侧限抗压强度标准 R_d (MPa)

结构层	公路等级	极重、特重交通	重交通	中、轻交通
基层	高速公路和一级公路	4.0~5.0	3.5~4.5	3.0~4.0
	二级及二级以下公路	3.5~4.5	3.0~4.0	2.5~3.5
底基层	高速公路和一级公路	2.5~3.5	2.0~3.0	1.5~2.5
	二级及二级以下公路	2.0~3.0	1.5~2.5	1.0~2.0

5.2.3 水泥粉煤灰稳定铁尾矿混合料的水泥剂量不应低于 3%，并不应高于 5.5%，宜优先通过原材料技术指标控制和级配优化设计提高混合料强度，不宜单纯通过提高水泥剂量来提高混合料强度；粉煤灰内掺，掺量宜为 5%~12%。

5.3 混合料配合比设计

水泥（粉煤灰）稳定铁尾矿混合料配合比设计执行 JTG/T F20 中相关规定。

6 施工

6.1 一般规定

6.1.1 施工前应制订环境保护方案，严格执行国家环境保护法律法规。

6.1.2 施工时应严格执行安全操作规程，保障施工人员的职业健康和施工安全。

6.2 混合料拌合

水泥（粉煤灰）稳定铁尾矿混合料拌和执行JTG/T F20中相关规定。

6.3 混合料的摊铺与碾压

6.3.1 水泥（粉煤灰）稳定铁尾矿混合料的松铺系数、摊铺预压实度可参考水泥稳定碎石、水泥粉煤灰稳定碎石的松铺系数、摊铺预压实度，并经过试验段铺设确定。

6.3.2 水泥稳定铁尾矿混合料、水泥粉煤灰稳定铁尾矿混合料的压实度标准应符合表 11 的规定。

表 11 水泥（粉煤灰）稳定铁尾矿混合料压实度标准/%

公路等级	结构层次	水泥稳定铁尾矿混合料	水泥粉煤灰稳定铁尾矿混合料
高速公路和一级公路	基层	≥99	≥99
	底基层	≥98	≥98
二级及二级以下公路	基层	≥98	≥98
	底基层	≥96	≥96

6.3.3 水泥（粉煤灰）稳定铁尾矿混合料的碾压工艺可参考常规水泥稳定碎石、水泥粉煤灰稳定碎石的碾压工艺，并经过试验段铺设确定。

6.4 养生与交通管制

6.4.1 每一段碾压完成并检测合格后即可养生，养生可采取洒水养生、薄膜养生、土工布覆盖养生、铺设湿砂养生、草帘覆盖养生、洒铺乳化沥青养生等方式，在养生期内应始终保持基层处于湿润状态。其中，洒水养生只适用于二级以下公路。

6.4.2 用洒水车洒水养生时，洒水车的喷头要用喷雾式，不得用高压式喷头，以免破坏基层结构。每天洒水次数应满足整个养生期间始终保持基层表面湿润。

6.4.3 水泥（粉煤灰）稳定铁尾矿混合料宜养生至铺筑上层前，水泥稳定铁尾矿混合料养生 7d 后、水泥粉煤灰稳定铁尾矿混合料养生 10d 后方可铺筑下一层。在养生期间应采取交通管制措施，车辆不得通行。

6.5 铺筑试验段

6.5.1 正式施工前，应铺筑不少于 200m 试验段；

6.5.2 施工设备、施工组织及施工关键参数应通过试验段确定。

7 质量管理与验收

7.1 施工过程检测

7.1.1 原材料检测

铁尾矿粗集料应按表12所列项目和要求检测评定，铁尾矿细集料应按表13所列项目要求检测评定。

表 12 铁尾矿粗集料试验项目要求

检测项目	频度	技术要求	试验方法
含水率	每天使用前测试2个样品	/	JTG E42
级配	使用前测2个样品，使用过程中每2000m ³ 测2个样品	符合表4要求	
压碎值	使用前测2个样品，料源更换时检测2个样品	符合表3要求	
针片状颗粒含量			
软石含量			
放射性	使用前测 1 个样品，料源更换时检测 1 个样品	符合表2要求	GB 6566
重金属浸出浓度	使用前测1个样品，料源更换时检测1个样品	符合表2要求	附录A

表 13 铁尾矿细集料试验项目要求

试验项目	频度	技术要求	试验方法
含水率	每天使用前测试2个样品	/	JTG E42
硫酸盐含量 (%)	使用前测1个样品，料源更换时检测2个样品	≤0.5	
有机质含量 (%)	使用前测1个样品，料源更换时检测2个样品	≤2.0	
级配	使用前测2个样品，使用过程中每2000m ³ 测2个样品	符合表6要求	
放射性	使用前测1个样品，料源更换时检测1个样品	符合表5要求	GB 6566
重金属浸出浓度	使用前测1个样品，料源更换时检测1个样品	符合表5要求	附录A

7.1.2 混合料检测

按照JTG/T F20和设计文件相关要求进行检测。

7.1.3 基层铺筑后检测

按照JTG/T F20和设计文件相关要求进行检测。

7.2 质量检查与验收

水泥（粉煤灰）稳定铁尾矿混合料路面基层施工质量检查与验收应满足JTG/T F20、JTG F80/1的相关要求。

附 录 A
(规范性)
重金属浓度的测试方法

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、铬、砷等8种毒性效应较强的重金属浸出浓度进行检测。