

DB13

河北省地方标准

DB13/T 2512—2017

铁尾矿用于公路基层施工技术规范

2017 - 05 - 17 发布

2017 - 08 - 01 实施

河北省质量技术监督局 发布

前 言

本标准按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本标准由河北省交通运输厅提出并归口。

本标准起草单位：河北省道路结构与材料工程技术研究中心。

本标准主要起草人：韩飞飞、朱冀军、刘桂君、王联芳、郭晓华、王庆凯、李松、张卫、赵学远、李磊、侯潇濛、王志强、崔晟东、于凤、李子健、胡艳民。

铁尾矿用于公路基层施工技术规范

1 范围

本标准规定了水泥、石灰粉煤灰稳定铁尾矿砂，水泥、石灰粉煤灰稳定铁尾矿碎石的材料要求、配合比设计、施工要求、试验方法及检验规则。

本标准适用于铁尾矿在二级及二级以下公路基层或底基层的施工和设计，城市道路参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 1346 水泥标准稠度用水量、凝结时间、安定性检验方法

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 E60 公路路基路面现场测试规程

JTG E40 公路土工试验规程

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

铁尾矿砂

选矿厂在特定的经济技术条件下，将铁矿石磨细、选取有用成分后排放的废弃物，其最大粒径一般不超过4.75mm。

3.2

铁尾矿碎石

选矿过程中将品位低的岩层剥落破碎后所产生的废弃碎石。

3.3

水泥稳定尾矿

在具有一定级配的尾矿材料中掺入适量的水泥和水，经拌和得到的混合料，这种材料在压实、养生后其抗压强度符合规定的要求。

用水泥稳定粒径较小的尾矿砂得到的混合料，称为水泥稳定尾矿砂。

用水泥稳定粒径较大的尾矿碎石得到的混合料，称为水泥稳定尾矿碎石。

3.4

石灰粉煤灰稳定尾矿

一定数量的石灰和粉煤灰与尾矿材料相配合，加入适量的水（通常为最佳含水量），经拌和得到的混合料，这种材料在压实和养生后，其抗压强度符合规定的要求。

用石灰、粉煤灰稳定粒径较小的尾矿砂，称为石灰、粉煤灰稳定尾矿砂。

用石灰、粉煤灰稳定粒径较大的尾矿碎石，称为石灰、粉煤灰稳定尾矿碎石。

4 材料

4.1 水泥

普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥均可用于拌制水泥稳定尾矿，水泥的强度等级宜采用R42.5。水泥初凝时间不得小于3h，终凝时间宜在6h以上且小于10h，不应使用快硬水泥、早强水泥。

4.2 石灰

石灰的技术要求应符合表1的规定，二级公路用石灰应不低于Ⅱ级技术要求，二级以下公路用石灰应不低于Ⅲ级技术要求。应尽量缩短石灰的存放时间，如存放时间较长，应采取覆盖封存措施、妥善保管。

表 1 石灰技术要求

指 标		钙质生石灰			镁质生石灰			钙质消石灰			镁质消石灰		
		等 级											
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
有效钙加氧化镁含量（%）		≥85	≥80	≥70	≥80	≥75	≥65	≥65	≥60	≥55	≥60	≥55	≥50
未消化残渣含量（5mm 圆孔筛的筛余，%）		≤7	≤11	≤17	≤10	≤14	≤20						
含水量（%）不大于								≤4	≤4	≤4	≤4	≤4	≤4
细 度	0.71mm 方孔筛的筛余（%）							0	≤1	≤1	0	≤1	≤1
	0.125mm 方孔筛的累计筛余（%）							≤13	≤20	—	≤13	≤20	—
钙镁石灰的分类界限，氧化镁含量（%）		≤5			＞5			≤4			＞4		

注：硅、铝、镁氧化物含量之和大于 5%的生石灰，有效钙加氧化镁含量指标，Ⅰ≥75%，Ⅱ≥70%，Ⅲ≥60%；未消化残渣含量指标与镁质生石灰指标相同。

4.3 粉煤灰

用于稳定尾矿的粉煤灰应洁净、无泥土等杂质，干粉煤灰和湿粉煤灰均可以使用，其中湿粉煤灰含水量不宜超过35%。粉煤灰的各项技术指标应符合表2的规定。

表 2 粉煤灰技术要求

项目	技术要求
比表面积（cm ² ·g ⁻¹ ）	>2500

表 2 粉煤灰技术要求（续）

项目	技术要求
烧失量（%）	≤20
SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ 总含量（%）	>70
0.3 筛孔通过率（%）	≥90
0.075 筛孔通过率（%）	≥70

4.4 尾矿砂

表 3 尾矿砂规格要求

材料名称	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
尾矿砂	100	90~100	——	——	——	——	——	0~20

宜选用硬质铁矿产出的尾矿砂，尾矿砂应洁净、干燥、无风化、无杂质，并有适当的颗粒级配。集料规格要求应符合表3的规定。

4.5 尾矿碎石

应用于被稳定材料的尾矿碎石应先经过预选，筛除超粒径材料。尾矿碎石技术要求应符合表4的规定。

表 4 尾矿碎石技术要求

指标	单位	技术要求	
		基层	底基层
压碎值	%	≤35	≤40
针片状颗粒含量	%	≤20	
软石含量	%	≤5	
表观相对密度	—	≥2.45	

4.6 掺配集料

当被稳定的尾矿级配不能满足设计级配时，可掺加一定的普通集料，所掺加集料的技术指标应满足现行《公路路面基层施工技术细则》的要求。

4.7 水

凡是饮用水（含牲畜饮用水）均可使用。

5 配合比设计

5.1 一般规定

5.1.1 无机结合料稳定尾矿基层应具有足够的强度稳定性、良好的施工性能和较小的收缩变形特性。

5.1.2 基层混合料配合比设计主要包括：根据规定的材料和混合料指标要求，通过混合料配合比设计确定合理的矿料配合比、结合料剂量、混合料的最佳含水量和最大干密度。

5.2 组成设计

5.2.1 水泥稳定尾矿

5.2.1.1 被水泥稳定的尾矿材料的液限应不大于 40%，塑性指数应不大于 17%，不均匀系数应大于 5。

5.2.1.2 有机质含量超过 2%、硫酸盐含量超过 0.25%的尾矿，不宜用水泥稳定。

5.2.1.3 表 5 中 A-1、A-2 级配适用于二级公路的基层，A-1 级配宜用于极重、特重交通荷载等级下的基层，被稳定材料中不宜含有黏性土或粉性土；A-3 适用于二级以下公路的基层，A-4 适用于二级及二级以下公路的底基层。

5.2.1.4 水泥稳定尾矿的水泥剂量宜取 4%~8%。

表 5 适宜用水泥稳定的尾矿级配范围

公路等级及适用范围		二级公路的基层		二级以下公路的 基层	二级及二级以下 公路的底基层
级配编号		A-1	A-2	A-3	A-4
质 量 通 过 率 (%)	53			100	100
	37.5		100	90~100	—
质 量 通 过 率 (%)	31.5		90~100	—	—
	26.5	100	—	66~100	—
	19	90~100	67~90	54~100	—
	16	79~92	—	—	—
	13.2	67~83	—	—	—
	9.5	52~71	45~68	39~100	—
	4.75	30~50	29~50	28~84	50~100
	2.36	19~36	18~38	20~70	—
	1.18	12~26	—	14~57	—
	0.6	8~19	8~22	8~47	17~100
	0.3	5~14	—	—	—
	0.15	3~10	—	—	—
	0.075	2~7	0~7	0~30	0~30

5.2.1.5 水泥稳定尾矿砂时，宜在尾矿砂中添加部分粉煤灰或少部分塑性指数小于 10 的土，加入比例通过击实试验确定，取最大干密度最大时的添加比例，一般约为 20%~40%。

5.2.1.6 当水泥稳定尾矿砂无法满足本标准的强度要求时，宜掺加 30%左右的 15mm~20mm 的粗集料来调整级配以提高其强度。

5.2.1.7 水泥稳定尾矿的 7d 无侧限抗压强度应符合表 6 的规定。

表6 水泥稳定尾矿混合料的抗压强度指标

公路等级	基层 (MPa)	底基层 (MPa)
二级公路	≥ 3.5	≥ 2.5
二级以下公路	≥ 3.0	≥ 1.5

5.2.2 石灰粉煤灰稳定尾矿

5.2.2.1 石灰粉煤灰稳定尾矿，石灰与粉煤灰的比例可采用 1:2~1:4，结合料与尾矿料的比例宜采用 20:80~15:85。

5.2.2.2 石灰粉煤灰稳定尾矿用做基层时，尾矿料颗粒的最大粒径不应大于 31.5mm，被稳定材料的质量宜占 80%以上，并符合表 7 中 B-2 的级配范围。

5.2.2.3 石灰粉煤灰稳定尾矿用做底基层时，尾矿料颗粒的最大粒径不应大于 37.5mm，被稳定材料的质量宜占 70%以上，并符合表 7 中 B-1 的级配范围；对于极重、特重级交通可选择表 7 中 B-2 的级配范围。

表7 适宜用石灰粉煤灰稳定的尾矿碎石级配范围 (%)

材料类型	稳定尾矿碎石	
孔径 (mm)	B-1	B-2
37.5	100	
31.5	100~90	100
26.5	94~81	100~90
19	83~67	87~73
16	78~61	82~65
13.2	73~54	75~58
9.5	64~45	66~47
4.75	50~30	50~30
2.36	36~19	36~19
1.18	26~12	26~12
0.6	19~8	19~8
0.075	7~2	7~2

5.2.2.4 石灰粉煤灰稳定尾矿砂可用于二级及二级以下公路底基层，石灰与粉煤灰的比例可采用 1:2~1:4，结合料与尾矿砂的比例宜采用 40:60~10:90。

5.2.2.5 石灰、粉煤灰稳定尾矿的 7d 无侧限抗压强度要求应符合表 8 的规定。

表8 石灰、粉煤灰稳定尾矿混合料的抗压强度指标

公路等级	基层 (MPa)	底基层 (MPa)
二级公路	≥ 0.9	≥ 0.6
二级以下公路	≥ 0.8	≥ 0.5

5.3 混合料的设计步骤

5.3.1 选择满足设计级配的材料，按不同比例的结合料配制混合料。

5.3.2 混合料成型方法宜优先采用振动成型，可采用重型击实法确定最佳含水量和最大干密度。

5.3.3 按规定的压实度，分别计算每个试件的干密度。不同等级公路基层、底基层压实度要求应符合表9的规定。

表9 压实度要求

层位	水泥或石灰粉煤灰稳定尾矿砂		水泥或石灰粉煤灰稳定尾矿碎石	
	二级公路	二级以下公路	二级公路	二级以下公路
基层	——	——	97	97
底基层	94	93	95	95

5.3.4 按最佳含水量和计算得到的干密度，采用静压成型法制备试件。试件在规定的温度下保湿养生6d，浸水24h后，进行无侧限抗压强度试验。

5.3.5 进行强度试验时，作为平行试验的最少试件数量应不小于表10的规定。如试验结果的偏差系数大于表中规定的值，应重做试验，并找出原因、加以解决；如不能降低偏差系数，则应增加试件数量。

表10 最少试件数量

材料类型	变异系数要求		
	< 10%	10%~15%	15%~20%
尾矿砂	6	9	
尾矿碎石		9	13

5.3.6 根据设计要求的强度标准，选择合适的结合料比例，在此配合比下室内试验结果的平均抗压强度 \bar{R} 应符合公式(1)的要求：

$$\bar{R} \geq R_d / (1 - Z_a C_v) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

R_d ——设计抗压强度（表6、表8）；

C_v ——试验结果的偏差系数（以小数计）；

Z_a ——标准正态分布表中随保证率（或置信度 α ）而变的系数，二级及二级以下公路取保证率90%，即 $Z_a=1.282$ 。

5.3.7 进行生产配比调试时，应根据施工时的气候条件，通过试拌确定混合料拌制用水量。

6 施工要求

6.1 一般规定

6.1.1 宜在气温较高季节组织施工，施工期的日最低气温应在5℃以上。雨季施工时应避免材料遭受雨淋。

6.1.2 无机结合料稳定尾矿结构层在气候寒冷地区不宜暴露过冬。因工程需要时,可采取铺设防冻保护层的保护措施。

6.1.3 混合料压实用 12t~15t 压路机碾压时,每层的压实厚度不宜超过 150mm;用 18 吨以上的重型压路机碾压时,最大压实厚度不宜超过 200mm。

6.2 厂拌法施工

6.2.1 施工准备

6.2.1.1 施工时应合理配备拌合、运输、摊铺、压实等施工设备。为保证质量,混合料的拌和能力应与混合料摊铺能力相匹配。

6.2.1.2 拌合厂应场地平整、排水设施完善。原材料应分类存放,严禁各档料掺混;尾矿砂存放必须采取防雨、防潮措施。

6.2.1.3 基层施工前下承层必须满足相应的质量要求,表面平整、坚实、不得有松散的软弱点,并采取措施使下承层表面湿润。

6.2.2 混合料的拌和与运输

6.2.2.1 尾矿混合料要拌合均匀,拌合含水量宜略大于最佳含水量,以补偿摊铺和碾压过程中水分的损失。

6.2.2.2 宜每隔 2h 测定一次含水量、每隔 4h 测定一次结合料剂量,并做好专门记录。

6.2.2.3 如拌和场离摊铺地点较远,混合料在运输时应覆盖保湿,运到现场的混合料应及时摊铺。

6.2.2.4 在装料、运输、卸料过程中,应采取措施加强混合料离析的控制。

6.2.3 摊铺

6.2.3.1 下承层施工质量检测合格且清理干净后,方可开始摊铺上层结构层。

6.2.3.2 当采用两台摊铺机并排摊铺时,两台摊铺机的型号及磨损程度应相同。施工时两台摊铺机的前后间距应不超过 10m,且确保两个施工面纵向有 300mm~400mm 的重叠。

6.2.3.3 应在摊铺机后面设专人消除粗细集料离析现象,特别应该铲除局部离析的粗集料,并用新拌混合料填补。

6.2.3.4 二级以下公路基层施工,没有摊铺机时可采用摊铺箱摊铺混合料,也可以用自动平地机按以下步骤摊铺混合料:

- a) 根据铺筑层的厚度和要求达到的压实密度,计算每车混合料的摊铺面积;
- b) 将混合料均匀地卸在路幅中央,路幅宽时也可将混合料卸成两行;
- c) 用平地机将混合料按松铺厚度摊铺均匀;
- d) 设一个 3 人~5 人的小组,携带一辆装有新拌混合料的小车跟在平地机后面,及时铲除粗集料“窝”和粗集料“带”,补以新拌的均匀混合料,或补撒拌匀的细混合料,并与粗集料拌和均匀。

6.2.4 碾压成型

6.2.4.1 应配备足够的碾压设备，根据路宽、压路机的轮宽和轮距的不同，制订碾压方案，使各部分碾压到的次数尽量相同，路面的两侧应多压 2 遍～3 遍。

6.2.4.2 对于水泥稳定类材料，碾压工序应在水泥初凝前及确定的延迟时间内完成。

6.2.4.3 整形后，当混合料的含水量为最佳含水量（+1%～+2%）时，应立即对结构层进行全宽碾压。直线和不设超高的平曲线段，由两侧路肩向路中心碾压；设超高的平曲线段，由内侧路肩向外侧路肩进行碾压。碾压时，应重叠 1/2 轮宽，后轮必须超过两段的接缝处。后轮压完路面全宽时，即为一遍，一般需碾压 6 遍～8 遍。压路机的碾压速度，头两遍宜采用 1.5km/h～1.7km/h 为宜，以后宜采用 2.0km/h～2.5km/h。

6.2.4.4 碾压过程中，对于压路机碾压不到的区域应采用小型平板式振动器进行压实，并保证基层表面平整、密实。

6.2.4.5 在碾压过程中如发现“弹簧”现象，应将该路段混合料挖出，重新换填新料并碾压。

6.2.4.6 碾压成型后的表面应平整、没有轮迹。

6.2.5 接缝

6.2.5.1 基层施工应接缝紧密、连接平顺，不得产生明显的接缝离析。

6.2.5.2 基层施工应避免纵向接缝，在必须分两幅施工时，纵缝必须垂直相接、不应斜接。

6.2.5.3 当一个工作日结束、两个相连作业段连接或摊铺途中其他情况造成的停机均会形成横向接缝，基层的横向接缝宜采用垂直的平接缝，不宜采用自然碾压接缝或阶梯型接缝。

6.3 路拌法施工

6.3.1 现场准备

6.3.1.1 三级及三级以下公路底基层、四级公路基层可采用路拌法施工。

6.3.1.2 施工前应保证下承层表面湿润，施工质量达到相应质量标准且表面平整、坚实。

6.3.1.3 在底基层、老路面或土基上确定中线，直线段每 15m～20m 设一中桩、平曲线段每 10m～15m 设一中桩，并在两侧路肩边缘外设指示桩。

6.3.1.4 在两侧指示桩上用明显标记标出稳定材料层边缘的设计标高及松铺厚度。

6.3.2 布料

6.3.2.1 根据各路段宽度、厚度及预订的干密度，计算材料用量；根据材料含水量和所用运料车的吨位计算每车料的堆放距离。

6.3.2.2 根据无机结合料稳定层的厚度、预定的干密度及混合料配合比计算每平方米的结合料用量，确定结合料摆放的纵横间距。

6.3.2.3 将结合料送到摊铺路段、卸在做标记的地点，并检查有无遗漏和多余。用刮板将结合料均匀摊开，摊铺完成后，表面应没有空白位置、也没有过分集中地点。

6.3.3 现场拌合

6.3.3.1 采用拌合机进行拌合，拌合深度要达稳定层底并宜侵入下承层 5~10mm。严禁在拌合层底部留有素土夹层，拌合要在两遍以上。

6.3.3.2 拌合过程中，如混合料的水分不足，要用喷管式洒水车补充洒水。洒水后，要再次进行拌合，使水分在混合料中拌均匀。

6.3.3.3 在拌合过程中，要配合人工选出超尺寸颗粒、消除细颗粒“窝”以及局部过分潮湿或过分干燥处。

6.3.3.4 混合料拌合均匀后要色泽一致，没有灰条、灰团和花面，且水分合适均匀。

6.3.4 整形与碾压

6.3.4.1 混合料拌和均匀后，应立即用平地机初步整形。

6.3.4.2 在初平的路段上，用平地机或轮胎压路机快速碾压一遍以暴露潜在的不平整段落。

6.3.4.3 再次整形前，对局部低洼处应用齿耙将表层 50mm 以上的材料耙松，并用新拌的混合料找平，再碾压一遍。

6.3.4.4 应用平地机再整形一次，将高处料直接刮出路外，不应形成薄层贴补现象。

6.3.4.5 在整形过程中，严禁任何车辆通行，并保证无明显的粗细集料离析现象出现。

6.3.4.6 按照本规范第 6.2.4 节规定的碾压方法进行碾压。

6.3.4.7 在碾压结束之前，用平地机再终平一次，使其纵向顺适、路拱和超高符合设计要求。终平应仔细进行，必须将局部高出部分刮除并扫出路外；对于局部低洼之处不再进行找补，留待铺筑下一结构层找平。

6.3.5 接缝

6.3.5.1 接缝施工一般要求应满足本规范 6.2.5 的规定。

6.3.5.2 同日施工的两工作段的衔接处应采用搭接处理。前一段拌和整形后留 5m~8m 不进行碾压；后一段施工时，在前一段留下的未压部分，应再加部分结合料重新拌和，并与后一段一起碾压。

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，无机结合料稳定尾矿砂宜采用湿砂养生。在养生期内应始终保持基层处于湿润状态。

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 基层养生期不应少于 7d。在养生期间应采取交通管制措施，严格禁止车辆通行。

6.4.4 养生完成的基层上禁止重型车辆通行，以保护基层骨料不受破坏。

7 试验方法

7.1 尾矿

尾矿砂、尾矿碎石指标的试验方法按照 JTG E42 和 JTG E40 进行。

7.2 水泥

水泥指标的试验方法按照 GB 175 和 GB/T 1346 进行。

7.3 石灰、粉煤灰

石灰、粉煤灰指标的试验方法按照 JTG E51 进行。

7.4 混合料

混合料各项指标的试验方法均按照 JTG E51 进行。

8 检验规则

8.1 施工过程中质量控制

施工过程中原材料、混合料及铺筑后的基层检测均按 JTG/T F20 相关要求进行。

8.2 质量评定

无机结合料稳定尾矿混合料路面基层施工过程中，应随时对其进行质量评定，质量检验的内容、频度、允许差应符合表11的规定。

表 11 基层质量评定标准

检查项目		检查频度	质量要求或允许偏差		试验方法
			基层	底基层	
外观		随时	表面平整密实、无明显轮迹、裂缝、推挤等缺陷，且无明显离析		目测
压实度 (%)	代表值	每 200m 每车道 2 处	符合本规范表 9 规定或符合设计要求		T0921
	极值				
厚度 (mm)	代表值	每 200 米每车道测 1 处	-10	-12	T0912
	极值		-20	-30	
平整度 (mm)		每 200m 测 2 处，每处连续 10 尺	12	15	T0931
纵断高程 (mm)		每 200m 测 4 个断面	+5, -15	+5, -20	T0911
宽度 (mm)		每 200m 测 4 处	不小于设计要求	不小于设计要求	T0911
横坡%		每 200m 测 4 个断面	±0.5		T0911
无侧限抗压强度		每一作业段或每 2000m ² 成型 6~9 个试件	符合本规范规定或符合设计要求		T0805