

黑 龙 江 省 地 方 标 准

DB23/T XXXX—2026

寒区公路铜冶炼尾渣路基、基层设计与施工
技术规范

点击此处添加标准名称的英文译名

（征求意见稿）

联系单位：黑龙江紫金铜业有限公司

联系人：宋厚彬

电话：19917777969

邮箱：451948993@qq.com

2026 – XX – XX 发布

2026 – XX – XX 实施

黑龙江省市场监督管理局 发 布

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 环保要求 2

 4.1 一般要求 2

 4.2 使用要求 2

5 原材料 3

 5.1 铜冶炼尾渣 3

 5.2 黏质土 3

 5.3 集料 3

 5.4 水泥 3

6 铜冶炼尾渣路基设计 4

 6.1 一般要求 4

 6.2 强度与稳定性要求 4

 6.3 抗冻要求 4

 6.4 路基压实要求 5

7 铜冶炼尾渣基层设计 5

 7.1 一般要求 5

 7.2 强度要求 5

 7.3 抗冻要求 6

 7.4 配合比设计 6

8 施工 7

 8.1 施工前准备工作 7

 8.2 路基施工 7

 8.3 基层施工 8

9 质量检查与验收 8

10 环保监测 10

附 录 A （规范性） 铜冶炼尾渣浸出毒性鉴别标准 11

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。

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。

本文件由黑龙江省交通运输厅提出并归口。

本文件由黑龙江省交通运输厅组织实施。

本文件由黑龙江省交通运输厅负责解释。

本文件起草单位：黑龙江紫金铜业有限公司、黑龙江省交投工程勘察设计咨询有限公司、矿冶科技集团有限公司、生态环境部固体废物与化学管理技术中心、哈尔滨工业大学、齐齐哈尔市交通运输局、齐齐哈尔市公路事业发展中心、黑龙江省交通运输信息和科学研究中心、黑龙江省交投检测咨询公司、黑龙江省生态地质调查研究院

本文件主要起草人：宋厚彬、林烽先、马洪艳、张华、王佳昌、李新凯、李田玉、林杨、张婷婷、赵庆朝、迟亮、易军艳、林荣琪、李伟光、彭诚、赵磊、罗伟金、曾鑫、韩雪、李勇、李学亮、毛昌伟、王晓民、冯春玲、杨浩、张艳平、刘朝兴、沈荣生、裴忠实、张海威、郭鹄、黎楠、王正磊、高志华、于立泽、周雯怡、赵晶

寒区公路铜冶炼尾渣路基、基层设计与施工技术规范

1 范围

本文件规定了铜冶炼尾渣寒区公路路基、基层的原材料、路基设计、路面设计、施工、质量检查验收及环保监测的技术要求。

本文件适用于铜冶炼尾渣在寒区公路新建、改扩建项目路基、基层的设计、施工、验收，寒区市政道路可参照使用。

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 3838 地表水环境质量标准
GB 5085.3 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 8978 污水综合排放标准
GB/T 14848 地下水质量标准
GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）
HJ 91.2 地表水环境质量监测技术规范
HJ 164 地下水环境监测技术规范
HJ/T 166 土壤环境监测技术规范
HJ/T 299 固体废物 浸出毒性浸出方法 硫酸硝酸法
HJ 557 固体废物浸出毒性浸出方法 水平振荡法
HJ 687 固体废物 六价铬的测定 碱消解/火焰原子吸收分光光度法
HJ 702 固体废物 汞、砷、硒、铋、锑的测定 微波消解/原子荧光法
HJ 999 固体废物 氟的测定 碱熔-离子选择电极法
HJ 1147 水质 pH值的测定 电极法
JTG/T F20 公路路面基层施工技术细则
JTG D30 公路路基设计规范
JTG/T F30 公路水泥混凝土路面施工技术细则
JTG/T D31-06 季节性冻土地区公路设计与施工技术规范
JTG D40 公路水泥混凝土路面设计规范
JTG F40 公路沥青路面施工技术规范
JTG D50 公路沥青路面设计规范
JTG F80/1 公路工程质量检验评定标准 第一册 土建工程
JTG 3420 公路工程水泥及水泥混凝土试验规程
JTG 3430 公路土工试验规程

JTG 3432 公路工程集料试验规程
JTG 3441 公路工程无机结合料稳定材料试验规程
JTG/T 3610 公路路基施工技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

铜冶炼尾渣

铜矿高温熔炼后的渣通过破碎、球磨、浮选等工艺回收铜精粉后产生的废弃物。

3.2

一般工业固体废物

从工业生产、交通运输、邮电通信等行业的生产生活中产生的没有危险性的固体废物。

3.3 重冻区

冻结指数 $F \geq 2000^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ 的季节性冻土地区。

3.4 中冻区

冻结指数 $800^{\circ}\text{C} \cdot \text{d} \leq F < 2000^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ 的地区。

3.5 轻冻区

冻结指数 $F < 800^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ 的地区。

4 环保要求

4.1 一般要求

4.1.1 铜冶炼尾渣的利用应符合 GB 18599 的有关要求。

4.1.2 铜冶炼尾渣利用前应按照 HJ/T 299 和 GB 5085.3 进行危险废物判定，应符合一般工业固体废物要求。

4.1.3 铜冶炼尾渣利用前应按照现行 HJ 557 的方法测定浸出液内有害物质含量，按照现行 GB 18599 确定铜冶炼尾渣的特征污染物浓度，按照现行 GB 8978 判定一般工业固体废弃物的类别。

4.2 使用要求

4.2.1 铜冶炼尾渣应符合第 I 类一般工业固体废物要求，严禁采用重金属、硫化物等有害物质含量超标的铜冶炼尾渣填筑路基、基层。

4.2.2 在江河、湖泊、运河、渠道、水库、水田、自然保护区、水源保护地及其最高水位线以下的滩地和岸坡等区域以及浸水路段，铜冶炼尾渣不应用于填筑路基和基层。

4.2.3 铜冶炼尾渣用于路基、基层时，路基两侧应布设排水沟，排水沟与自然水系衔接；必要时，可设置沉淀池对铜冶炼尾渣路基、基层路段的汇水进行集中处理。

4.2.4 铜冶炼尾渣用于路基、基层时，应对地表水、地下水和土壤状况进行监测。

4.2.5 铜冶炼尾渣运输和施工过程中应采取合理措施，避免造成扬尘污染，注重环境保护。

5 原材料

5.1 铜冶炼尾渣

5.1.1 应对铜冶炼尾渣进行颗粒分析，确定其天然含水率、液限、塑限、密度等指标，用于寒区道路路基、基层材料中的铜冶炼尾渣技术应符合表 1 的要求。

表 1 铜冶炼尾渣的技术要求

检测项目		技术指标	试验方法
烧失量（%）		≤2.0	JTG 3430 T0150
pH值		≤8.0	HJ 1147
含水率（%）		≤15	JTG 3430 T0103
塑性指数Ip		≤17	JTG 3430 T0118
有机质含量/%		<2.0	JTG 3430 T0151
浸水膨胀率/%		≤2.0	JTG 3432 T0339
可溶性硫酸盐含量/%		≤0.8	JTG 3430 T0158
放射性	内照射指数	≤1.0	GB 6566
	外照射指数	≤1.0	
浸出毒性 ¹		符合浸出毒性鉴别标准值的要求	HJ/T 299、HJ 557、HJ 687、HJ 702、HJ 999
水污染物		符合一级排放标准的要求	GB 8978
注 1：包括 GB 5085.3-2007 中表 1 的前 16 个项目，详见附录 A			

5.1.2 按照 JTG/T D31-06 规范要求，铜冶炼尾渣用作寒区公路的路基填料时，应测定其冻胀率。

5.1.3 应按 JTG 3430 T0187 的试验方法测定铜冶炼尾渣冻胀率，若不具备条件测定铜冶炼尾渣的冻胀率时，可参照表 2 确定铜冶炼尾渣的冻胀率取值，若黏质土含量与表 2 中不同时，可按表 2 进行内插取值。

表 2 铜冶炼渣尾渣的冻胀率及冻胀性分级

黏质土掺量（%）	冻前含水率（%）	冻胀率（%）	冻胀等级	冻胀类别
0	≤25	6.5	IV	强冻胀
25		6.0	III	冻胀
50		5.5	III	冻胀

5.2 黏质土

黏质土作为胶结材料改善铜冶炼尾渣性能时，黏质土的平均冻胀率应小于4.5%，不得使用淤泥、冻土、膨胀土、有机质土及易溶盐超过允许含量的土。

5.3 集料

集料性能应符合JTG F40和JTG/T F30中的技术要求。

5.4 水泥

铜冶炼尾渣半刚性基层所用水泥初凝时间应大于3 h，终凝时间应大于10 h，并应符合JTG 3420中的技术要求。

6 铜冶炼尾渣路基设计

6.1 一般要求

- 6.1.1 铜冶炼尾渣路基设计时，应调查周边铜冶炼尾渣储存场情况，确定铜冶炼尾渣堆存量及公路工程材料需求数量，合理选择铜冶炼尾渣利用方案，应结合当地自然气候条件和工程地质条件，合理确定铜冶炼尾渣填筑路基的层位。
- 6.1.2 铜冶炼尾渣不应用于浸水地段，以及洪水浸淹路段的路基填料。
- 6.1.3 铜冶炼尾渣不宜用作高填方路基（细粒土 ≥ 6 m）的填料。
- 6.1.4 铜冶炼尾渣不应用于重冻区路基冻深范围内的路基填料，冻区划分方法按照 JTG/T D31-06 执行。
- 6.1.5 铜冶炼尾渣路堤应采用封闭式路堤结构，对边坡和路肩采取土质护坡保护措施，包边土的厚度不小于 2.0 m，在土质护坡中设置排水渗沟，渗沟外围应设置反滤层。
- 6.1.6 铜冶炼尾渣路堤顶面标高以上应设置 20 cm-30 cm 粘质土封顶层或防水土工布等其它防水材料，也可与路面结构层相结合作为封顶层。
- 6.1.7 铜冶炼尾渣路堤底部应高于地下水位或地表长期积水位 0.5 m 以上，并设置厚度不小于 0.5 m 的隔离层，隔离层材料可选用塑性指数小于 6，且满足强度要求的黏性土。
- 6.1.8 铜冶炼尾渣路基在寒区应用时，应按照 JTG/T D31-06 规范进行路基路面的综合抗冻设计。

6.2 强度与稳定性要求

- 6.2.1 铜冶炼尾渣用作路基填料之前应通过试验确定内摩擦角、粘聚力、CBR 和回弹模量等参数。
- 6.2.2 铜冶炼尾渣的最佳含水量与最大干密度试验应按 JTG 3441 T0804 重型击实试验方法进行。
- 6.2.3 铜冶炼尾渣可直接填筑路基，用作填方路基时的最小承载比（CBR）应符合表 3 的要求，当铜冶炼尾渣路基工作性不足时，可掺拌一定比例的黏质土进行改善，黏质土掺量范围为 0%~50 %，可根据击实试验确定适宜的掺量。

表 3 铜冶炼渣尾渣路基填料的最小承载比（CBR）要求

路基应用部位		最小承载比（CBR）/%			试验方法
		高速公路、一级公路	二级公路	三、四级公路	
上路堤	轻、中及重交通	8	6	5	JTG 3430 T0134
	特重、极重交通				
下路堤	轻、中及重交通	5	4	3	
	特重、极重交通	6	5	4	

6.2.4 铜冶炼尾渣路堤高度不宜超过 4 m，超过 4 m 时，应在路堤中部设置土质夹层，并按照 JTG D30 规范进行路基稳定性计算，其抗滑稳定系数应符合 JTG D30 规范中的要求。

6.3 抗冻要求

- 6.3.1 应根据公路等级、交通荷载等级、结构形式、材料类型等因素，按照 JTG D30 规范的技术要求，按照 JTG/T D31-06 规范确定路基冻深范围。
- 6.3.2 在路基冻深范围内铜冶炼尾渣不应用于重冻区高速和一级公路的路床和上路堤，可用于各等级公路的下路堤和二级及以下公路的上路堤。

- 6.3.3 铜冶炼尾渣可掺配一定比例的黏质土改善铜冶炼尾渣路基抗冻性能，掺配比例可根据冻胀率按本文的 4.2.6 节确定。
- 6.3.4 缺少砂石料重冰冻、中冰冻地区，可 adopt 水泥、石灰、固化剂等结合料对铜冶炼尾渣路基进行处治，提高其抗冻性，水泥掺量一般为 3 %~5 %，石灰掺量一般为 3 %~6 %，结合料的掺量应通过配合比设计和抗冻性试验确定。
- 6.3.5 铜冶炼尾渣用于寒区路基时，应按照 JTG/T D31-06 计算路基容许冻胀量，路基容许冻胀量应满足 TG/T D31-06 中的要求。
- 6.3.6 寒区铜冶炼尾渣路基回填模量设计值应考虑其冻融循环折减系数，宜通过试验确定，无试验条件时，建议按照 JTG/T D31-06 规范确定。
- 6.3.7 应按照 JTG/T D31-06 规范计算道路多年最大冻深，掺配一定比例黏质土的铜冶炼尾渣的热物性参数可取值为 1.05。

6.4 压实要求

- 6.4.1 路基冻深范围内各层位的压实度应满足 JTG D30 和 JTG/T D31-06 规范中的要求，见表 4 所示。
- 6.4.2 全冻路堤基底的压实度应满足上一层填土压实度标准的要求，且不应小于 90 %，低矮路堤应对地基表层土进行超挖、分层回填压实，其处理深度不应小于路基工作区深度。

表 4 铜冶炼渣尾渣路基压实度要求

路基应用部位		路面底面以下深度 m	压实度/%		
			高速、一级公路	二级公路	三、四级公路
上路堤	轻、中及重交通	0.8~1.6	≥94	≥94	≥93
	特重、极重交通	1.2~2.0			
下路堤	轻、中及重交通	1.6以下	≥94	≥93	≥92
	特重、极重交通	2.0以下	≥93	≥92	≥90

7 铜冶炼尾渣基层设计

7.1 一般要求

- 7.1.1 铜冶炼尾渣应作为无机结合料中的细集料用于公路基层，应采用水泥进行稳定，铜冶炼尾渣基层应具备良好的抗冻性能，以抵抗冻融循环造成的强度衰减和结构破坏。
- 7.1.2 应按照 JTG D40 和 JTG D50 规范，做好铜冶炼尾渣水泥稳定基层的设计方案，选择技术经济合理的铜冶炼尾渣基层的配合比。
- 7.1.3 铜冶炼尾渣水泥稳定类材料应符合 JTG D40 和 JTG D50 规范中关于无机结合料稳定类基层的技术要求。
- 7.1.4 铜冶炼尾渣水泥稳定类材料可用于轻、中、重交通等级下的水泥路面基层和重、特重、极重交通等级下的底基层，可用于各交通等级下沥青路面的基层和底基层。

7.2 强度要求

- 7.2.1 铜冶炼尾渣水泥稳定类材料 7 d 无侧限抗压强度试件成型试验应按 JTG 3441 T0843 圆柱形试件的静压成型方法进行。
- 7.2.2 铜冶炼尾渣水泥稳定类材料用于基层时，铜冶炼尾渣水泥稳定类材料 7 d 无侧限抗压强度应按 JTG 3441 T0805 方法进行，应满足表 5 的要求。

表 5 铜冶炼尾渣水泥稳定类材料 7 d 龄期无侧限抗压强度标准（代表值）（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

7.3 抗冻要求

- 7.3.1 铜冶炼尾渣应用于中冻区和重冻区高速公路和一级公路基层时，重冻区水泥掺量应 $\geq 5\%$ ，中冻区水泥掺量应 $\geq 4\%$ 。
- 7.3.2 铜冶炼尾渣水泥稳定类材料应用于寒区公路基层时，应按 JTG 3441 T0858 的试验方法确定其冻融循环质量损失率，应满足表 6 的要求。
- 7.3.3 铜冶炼尾渣应用于中冻区和重冻区高速公路和一级公路基层时，应按 JTG 3431 T0858 规定的方法进行材料的残留抗压强度比试验，应满足表 6 的要求。

表 6 铜冶炼尾渣基层的抗冻性能要求

项目	重冻区	中冻区
10次冻融循环质量损失率（%）	≤ 5	≤ 8
残留抗压强度比（%）	≥ 75	≥ 70

7.4 配合比设计

- 7.4.1 铜冶炼尾渣用于基层时应选用水泥稳定类，根据公路等级及使用层位进行配合比设计，根据粗细集料配比的不同，配合比可分为密实型 WZ1、悬浮密实型 WZ2、骨架密实型 WZ3，铜冶炼尾渣基层混合料的集料推荐级配范围见表 7 所示。
- 7.4.2 密实型 WZ1，铜冶炼尾渣掺配比例可到 90%，适用于三、四级公路的基层、底基层，二级公路的底基层，城市次干路的底基层可参照应用，具体加入比例应通过击实试验确定，水泥掺量建议 5%~7%。
- 7.4.3 悬浮密实型 WZ2，铜冶炼尾渣掺配比例可到 60%，适用于高速公路、一级公路的底基层，二级及以下公路的基层、底基层，城市主干路、快速路的底基层可参照应用，水泥掺量建议 4%~6%。
- 7.4.4 骨架密实型 WZ3，铜冶炼尾渣掺配比例为 10%-15%，适用于各等级公路、城市道路的基层、底基层，水泥掺量建议为 3%~6%。

表 7 铜冶炼尾渣基层混合料的集料推荐级配范围

级配类型	通过下列方筛孔(mm)的质量百分率/%									
	31.5	19.0	9.50	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
WZ1	/	/	/	/	100	/	/	100~10	/	70~0
WZ2	/	100	100~70	76~54	/	/	/	50~60	/	60~0
WZ3	100	86~68	58~38	32~22	28~16	22~13	15~8	12~7	7~4	0~5

- 7.4.5 铜冶炼尾渣水泥稳定材料在寒区应用时，其配合比可参照表 8 中的冻融循环质量损失率和残留抗压强度比要求进行选择。

表 8 铜冶炼尾渣水泥稳定类材料的冻融循环质量损失率和残留抗压强度比要求

级配类型	冻融循环次数			
	10	20	10	20
	质量损失率/%		残留抗压强度比/%	
WZ1	≤6	≤8	≥75	≥70
WZ2	≤5	≤6	≥85	≥80
WZ3	≤5	≤5	≥90	≥85

8 施工

8.1 施工前准备工作

- 8.1.1 施工单位应全面熟悉设计文件，进行现场核对和施工调查。
- 8.1.2 在铜冶炼尾渣路堤填筑前，应按照 JTG/T 3610 的规定，将路堤范围内原地面的淤泥、腐殖土、杂草、农作物根茎、树根等进行清理和整修。
- 8.1.3 施工前，应截断流向路堤作业区的水源，并应在设计边沟的位置上开挖临时排水沟，保证施工期间的排水。
- 8.1.4 在组织现场施工前及铜冶炼尾渣料源变化时，应对拟采用的材料进行表 1 所规定的基本性能试验，评定材料质量是否符合要求。
- 8.1.5 铜冶炼尾渣路堤应用机械施工，机具主要有拌合机、自卸汽车、推土机、平地机、大厚度摊铺机、洒水车(或其他洒水设备)，20 t 及以上单光轮振动压路机等，性能应良好的机械设备。
- 8.1.6 铜冶炼尾渣与桥涵等混凝土结构接触处，应在结构物表面均匀涂刷一层沥青，以防腐蚀。
- 8.1.7 6 级以上大风或气温低于 0℃时不宜施工，不应在雨天施工。

8.2 路基施工

- 8.2.1 应按照 JTG/T D31-06 规范进行铜冶炼尾渣路基施工。
- 8.2.2 铜冶炼尾渣运输方式要采用自卸汽车运输和机械化装车，运输过程中应采取覆盖措施。
- 8.2.3 应按照 JTG/T 3610 规范实施，通过击实试验确定铜冶炼尾渣的最佳含水率，铜冶炼尾渣出场时的含水率不应高于最佳含水率，采用直接填筑时，可通过拌合设备加水拌合至最佳含水率±1 %后直接摊铺碾压。
- 8.2.4 应对铜冶炼尾渣出场的含水率进行检测，每工作日不少于 2 次。
- 8.2.5 采用铜冶炼尾渣和黏质土掺配填筑路基时，应对黏质土材料进行基本性能试验，满足本文件 5.2 要求，通过室内试验确定掺配比例及最佳含水率和最大干密度。
- 8.2.6 铜冶炼尾渣掺配一定比例的黏质土的拌合方式应符合下列规定：
 - a) 应采用厂拌方式，在低等级公路应用，且用料较少时，可采用机械或人工现场拌和；
 - b) 机械路拌法宜采用专用拌和机拌和均匀，也可用其它机械设备翻拌均匀，对机械不易拌到之处，应辅以人工拌和均匀；
 - c) 人工路拌宜采用条拌法。将各种材料分层铺成条形后，边翻拌边前进，翻拌 2~3 遍后，按接近混合料最佳含水量所需的用水量，顺条均匀地洒入混合料中，然后拌和至混合料均匀为止。
- 8.2.7 拌和过程配合比应符合以下要求：
 - a) 对于铜冶炼尾渣掺配黏质土时，拌合过程的质量控制要求：铜冶炼尾渣用量：±5 %；黏质土用量：±3 %；水用量：±1 %。

- b) 对于铜冶炼尾渣采用水泥、石灰加固时，拌合过程的质量控制要求：水泥用量： $\pm 1\%$ ；石灰用量： $\pm 1\%$ ；水用量： $\pm 1\%$

8.2.8 铜冶炼尾渣摊铺前应符合下列规定：

- a) 先划出土质护坡界线、渗沟位置等。边线要准确、顺直、弯道要圆顺。
- b) 摊铺长度应以当天摊铺、当天碾压结束为原则。
- c) 应在路堤中心、路堤边缘等处设置松铺厚度控制桩，控制摊铺厚度。
- d) 松铺系数应通过试验确定，无实测资料时，亦可参照如下范围：人工拌和、人工摊铺为 1.4~1.5；机械拌和、机械摊铺为 1.2~1.35。

8.2.9 铜冶炼尾渣路堤的摊铺应采用机械摊铺，宜采用大厚度摊铺机摊铺，且摊铺机速度不宜大于 5 m/min。

8.2.10 摊铺后的铜冶炼尾渣应及时碾压，做到当天摊铺，当天碾压完毕，以防止水分蒸发而影响压实效果，应分层填筑，分层碾压，宜采用 20 t~30 t 的振动压路机，每层压实厚度应不大于 30 cm。。

8.2.11 碾压完毕应及时检验压实度，符合规定要求后方可继续填筑上层。

8.2.12 土质护坡和封顶层宜所用土料和同一段土方路基相同，应满足 JTG/T 3610 相关要求，土质护坡应与铜冶炼尾渣填筑同步进行，土质护坡摊铺宽度应保证削坡后的净宽满足设计要求，同时应按设计要求作好土质护坡的排水渗沟。

8.2.13 压实完成后的路基压实度、厚度、宽度、横坡、标高和平整度应符合设计要求和本规程质量及验收标准。

8.2.14 越冬时，铜冶炼尾渣路基顶面应采取素土覆盖并碾压等保护措施，加强地表排水，防止雪水下渗，越冬后路基压实度不满足本文件 6.4.2 要求时，应进行复压直至满足要求。

8.3 基层施工

8.3.1 铜冶炼尾渣半刚性基层的强度增长受气温的影响较大，为保证路面基层施工质量，宜选择非冻融期进行组织施工。

8.3.2 铜冶炼尾渣水泥稳定基层在低温施工时（5℃~15℃）应增加水泥剂量 1.0 个百分点，越冬时应采取素土覆盖等防冻措施。

8.3.3 对基层质量要求高的高速公路、一级公路和二级公路以及地下管线较多的城市快速路和主干路，应采取机械厂拌法。

8.3.4 厂拌法应采用强制式拌和机、粉碎机、皮带运输机和装载机等设备进行。拌和均匀的混合料应卸至储料仓待运。在装运混合料当粗、细料有离析现象时，应检查各原材料供料比例及加水量。

8.3.5 在干燥地区或遇干热天气，由于混合料在储存、运输和摊铺时蒸发失水，拌和含水量应高于最佳含水量的 2%。

8.3.6 应按照 JTG/T F20 规范进行铜冶炼尾渣半刚性基层的摊铺和碾压施工。

8.3.7 压实成型并经检验的铜冶炼尾渣半刚性基层，应保持潮湿状态下养生。一般采取洒水养生，水应分次均匀洒布，并应以养生期内保持基层表面湿润为宜，不得有薄层积水，不得用水管直接对基层表面冲水养生。

8.3.8 养生期间除洒水车外，应封闭交通。对个别不能断绝交通的道路，可选用 WZ2 或 WZ3 型铜冶炼尾渣混合料基层，并用乳化沥青养生，乳化沥青用量宜为 0.6 kg/m²~1.0 kg/m²，再撒布 5 mm~10 mm 小碎（砾）石后，方可开放交通，并应限制车速和交通量。

9 质量检查与验收

9.1 铜冶炼尾渣填筑路基质量检查与验收项目、质量标准及检查要求见表 9。

表 9 铜冶炼尾渣路基质量检查与验收项目、质量标准及检查要求

序号	项目	质量标准与允许误差	检查要求
1	含水量	最佳含水量±1 %	取工地每作业段（不超过1000 m ² ）的路基填料，在实验室采用烘干法检测
2	拌和均匀度	混合料颜色均匀一致，没有粗细颗粒“窝”	随时观察
3	压实度	满足设计要求	每碾压作业段不超1000 m ² 不得少于1处
4	无侧限抗压强度（水泥、石灰处理铜冶炼尾渣）	满足设计要求	取工地每作业段（不超过1000 m ² ）拌和好的路基填料，在试验室成型试件
5	弯沉值	满足设计要求	采用贝克曼梁法检测
6	冻融质量损失率	满足设计要求	路基铺筑前对混合料进行冻融质量损失率测试，在实验室成型试件
7	纵断高程	符合JTG F80/1 第一册的规定	
8	厚度		
9	宽度		
10	横坡度		
11	平整度		

9.2 铜冶炼尾渣基层质量检查与验收项目、质量标准及检查要求见表 10。

表 10 铜冶炼尾渣基层质量检查与验收项目、质量标准及检查要求

序号	项 目	质量标准与允许误差	检查要求
1	含水量	最佳含水量±1 %	取工地每作业段（不超过1000 m ² ）的混合料，在实验室采用烘干法检测
2	拌和均匀度	混合料颜色均匀一致，没有粗细颗粒“窝”	随时观察
3	水泥等无机结合料剂量	不小于设计值的1 %	每2000 m ² 检查1次
4	压实度	满足设计要求	每碾压作业段不超1000 m ² 不得少于1处
5	混合料无侧限抗压强度	满足设计要求	取工地每作业段（不超过1000 m ² ）拌和好的混合料，在试验室成型试件
6	弯沉值	满足设计要求	采用贝克曼梁法检测
7	冻融质量损失率	满足设计要求	基层铺筑前对混合料进行冻融质量损失率测试，在实验室成型试件
8	残留抗压强度比	满足设计要求	取工地每作业段（不超过1000 m ² ）拌和好的混合料，在试验室成型试件
9	纵断高程	符合JTG F80/1 第一册的规定	
10	厚 度		

序号	项 目	质量标准与允许误差	检查要求
11	宽 度		
12	横坡度		
13	平整度		

10 环保监测

- 10.1 铜冶炼尾渣混合料使用前，建设项目管理单位应选取不少于 6 个样品按照 HJ/T 299 和 HJ 557 规定的方法测定可浸出重金属的含量，应满足表 1 中的铜冶炼尾渣原材料的要求。
- 10.2 铜冶炼尾渣路基、基层施工前，施工单位应编制施工环境保护方案，并在施工过程中严格落实。
- 10.3 铜冶炼尾渣原材料应设有专门堆放料场，堆放场地应进行硬化处理，并采用防雨、防潮、防扬撒措施。
- 10.4 铜冶炼尾渣用于路基、基层时，施工单位应按照现行 HJ 91.2 和 HJ 164 对道路下游或敏感区域的水体进行定期采样监测，春融期和雨季不低于 1 次/2 月，当上年度内的水质稳定为 I、II 类时可降低采样频率，经论证对地表水无影响的，可不再监测。
- 10.5 铜冶炼尾渣用于路基、基层时，施工单位和管理单位应按照现行 HJ/T 166 对道路下游或敏感区域的土壤进行监测，每三年监测 1 次，重点关注重金属及特征污染物浓度指标。

附 录 A
(规范性)
铜冶炼尾渣浸出毒性鉴别标准

序号	危害成分项目	浸出液中畏寒成分浓度限值（mg/L）
1	铜（以总铜计）	100
2	锌（以总锌计）	100
3	镉（以总镉计）	1
4	铝（以总铝计）	5
5	总铬	15
6	铬（六价）	5
7	烷基汞	不得检出
8	汞（以总汞计）	0.1
9	铍（以总铍计）	0.02
10	钡（以总钡计）	100
11	镍（以总镍计）	5
12	总银	5
13	砷（以总砷计）	5
14	硒（以总硒计）	1
15	无机氟化物（不包括氟化钙）	100
16	氰化物（以CN ⁻ 计）	5