ICS 93. 080. 01

CCS Q10

DB 3405

马鞍山市地方标准

DB XX/T XXXX-XXXX

无机土壤固化剂胶结细粒金属尾矿应用于道路基层技术规程
Technical regulations for the application of inorganic soil curing
agent solidified fine-grained metal tailings in road subgrade

(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

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

马鞍山市市场监督管理局 发布

前 言

本规程按照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。

本规程由马鞍山市两山绿色生态环境建设有限公司提出。

本规程由马鞍山市住房和城乡建设局归口。

本规程起草单位：安徽工业大学、马鞍山市两山绿色生态环境建设有限公司

本规程参编单位：安徽省融工博大环保技术材料研究院有限公司、哈尔滨工业大学、中冶建筑研究总院、宝武环科马鞍山资源利用有限公司、马鞍山中鑫工程质量检测咨询有限公司、安徽汇华工程科技股份有限公司、安徽省交通规划设计研究总院股份有限公司、马鞍山市水利局、马鞍山市住房和城乡建设局、马鞍山市重点工程建设管理处、马鞍山市交通运输局、中国中铁四局集团有限公司、马鞍山钢铁建设集团有限公司、中国十七冶集团有限公司、中铁二十三局集团有限公司、安徽建工集团股份有限公司、中铁市政环境建设有限公司、安徽马钢矿业资源集团南山矿业有限公司、马鞍山市建筑管理处、光大环保能源（南京）有限公司。

本规程主要起草人：邓先功、张毅、葛雪祥、樊传刚、凌贤长、周国钧、吕龙、韩宏灯、柴梦雨、王蕾、胡笳、李风军、樊曦、王栋、李宁、汪浩、张春山、张扬、程鹏、吴波、陈智、朱纬、江斌、丁传宝、马龙、华伟庆、郭彦晨、吴立飞、揣新、张伟、吴铁。

目 录

1 总则	1
2 术语和符号	1
2.1 术语	1
2.2 符号	2
3 设计	2
3.1 一般规定	2
3.2 材料	2
3.3 固化细粒金属尾矿组成设计	4
3.4 固化细粒金属尾矿基层和底基层设计	4
4 施工要求	6
4.1 一般规定	6
4.2 厂拌法施工	6
4.3 养生与交通管制	9
5 质量控制与验收	9
5.1 质量控制	9
5.2 质量验收	10
本规程用词说明	12
规范性引用文件	13
条文说明	14

Contents

1 General provisions	1
2 Terms and symbols	1
2.1 Terms	1
2.2 Symbols	2
3 Design	2
3.1 General requirements	2
3.2 Materials	2
3.3 Composition design of solidified fine-grained metal tailings	4
3.4 Design of base and subbase for solidified fine-grained metal tailings	4
4 Construction requirement	6
4.1 General requirements	6
4.2 Plant mixing construction	6
4.3 Maintenance and traffic control	9
5 Quality control and acceptance	10
5.1 Quality control	10
5.2 Quality acceptance	10
Explanation of wording in this specification	12
List of quoted standards	13
Explanation of provisions	14

1 总则

1.1 为了规范无机土壤固化剂胶结细粒金属尾矿应用于道路底基层和垫层的技术要求，做到技术先进、安全环保、经济合理、确保质量，制定本技术规程。

1.2 本规程适用于下列新建和改建道路工程的设计、施工、质量控制与验收：

- 1) 一级公路和城镇道路的主干路的固化细粒金属尾矿的底基层和垫层。
- 2) 二级及二级以下公路、城镇次干路和支路、各乡村道路、厂区道路、景区道路的固化细粒金属尾矿基层、底基层和垫层。

1.3 胶结细粒金属尾矿道路基层的应用除应执行本规程外，尚应符合国家现行有关标准规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 无机土壤固化剂 **inorganic soil curing agent**

基于天然矿物结晶原理与天然非晶质体形成原理，利用无机矿物材料与无机盐类拌合而成的一类新型绿色环保的高性能矿物基胶结材料。

2.1.2 细粒金属尾矿 **fine grained metal tailings**

选矿厂在特定的经济技术条件下，将金属矿石磨细、选取有用成分后排放的除去可用于工业生产原材料及建筑砂石之外的废弃物。

2.1.3 无机土壤固化剂用量 **inorganic soil curing agent content**

无机土壤固化剂质量与干细粒金属尾矿质量之比，以百分数表示。

2.1.4 增塑剂 **plasticizer**

添加到细粒金属尾矿中能使其塑性增加的物质。

2.1.5 无机土壤固化剂胶结细粒金属尾矿

inorganic soil curing agent solidified fine-grained metal tailings

在细粒金属尾矿中掺入适量的无机土壤固化剂、增塑剂和水，经拌合得到的混合料，再经压实、养生后其抗压强度符合规定的要求。

2.1.6 基层 **base**

直接位于沥青路面面层下的主要承重层或直接位于水泥混凝土面板下的结构层。

2.1.7 底基层 subbase

在沥青路面基层下铺筑的次要承重层或在水泥混凝土路面基层下铺筑的辅助层。

2.2 符号

力学性能指标：

R —平均抗压强度；

R_d —设计抗压强度；

C_v —试验结果的偏差系数；

Z_a —标准正态分布表中随保证率（或置信度 a ）而变的系数。

3 设计

3.1 一般规定

3.1.1 固化细粒金属尾矿等级和技术要求应根据道路等级与交通荷载，结合细粒金属尾矿的品质等因素确定。

3.1.2 固化细粒金属尾矿混合料应根据工程用细粒金属尾矿的种类和试验数据进行配合比设计和试验，确定合理的细粒金属尾矿与无机土壤固化剂配合比、软土的用量以及混合料的最佳含水量和最大压实度。

3.2 材料

3.2.1 无机土壤固化剂

无机土壤固化剂物理性能指标应符合表 1 的规定。

表 1 无机土壤固化剂物理性能指标

项目	指标	检验方法
外观	均匀一致，无结块	—
比表面积 (m ² /kg)	≥400	GB/T 8074
含水量 (%)	≤1	GB/T 50123
凝结时间	初凝 (h)	≥3
	终凝 (h)	大于 6h 且小于 10h

3.2.2 细粒金属尾矿砂

3.2.2.1 放射性

细粒金属尾矿砂的放射性应符合 GB 6566 中的规定。

3.2.2.2 细粒金属尾矿砂中有害物质

细粒金属尾矿砂中的有害成分含量应符合表 2 的规定。

表 2 有害物质限量

项目	指标	检验方法
硫化物 (以 SO ₃ 计, 质量分数) (%)	≤0.5	GB/T 14684-2011
氯化物 (以氯离子计, 质量分数) (%)	≤0.06	
云母 (质量分数) (%)	≤2.00	
轻质物 (质量分数) (%)	≤1.00	
有机物 (质量分数) (%)	≤5.00	

注：尾矿砂中不应混有草根、树叶、树枝、塑料、煤矿、炉渣等杂物。

3.2.2.3 规格要求

宜选用硬质金属矿选矿后产出的细粒尾矿，细粒尾矿应洁净、无风化、无杂质。细粒金属尾矿砂的含水量和粒径应符合表 3 的规定。

表 3 细粒金属尾矿砂的含水量和粒径

项目	指标	检验方法
含水量 (质量分数) (%)	≤18.00	GB/T 50123
粒径 (μm)	0.3~500	GB/T 19077

3.2.2.4 性能要求

细粒尾矿的崩解稳定性应符合 JTG TF 20 有关规定，且宜通过不同龄期条件

下的强度和模量试验以及温度收缩和干湿收缩试验等评价细粒尾矿的性能。

3.2.3 水

3.2.3.1 水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的有关规定。

3.2.3.2 水可使用饮用水或符合本规程第 3.2.3.1 条规定的非饮用。

3.3 固化细粒金属尾矿组成设计

3.3.1 固化细粒金属尾矿的组成设计应符合表 4 的要求。

表 4 固化细粒金属尾矿组成设计要求

项目	液限	塑限	有机质含量	土壤固化剂用量
指标	≤40%	≤17%	≤8%	8%~15%

3.3.2 细粒金属尾矿的颗粒粒径宜控制在 10~100 微米范围内，且该区间的颗粒占比应达到 80%~90%。

3.3.3 若细粒金属尾矿砂塑性指数偏高，在无机土壤固化剂固化细粒金属尾矿时，宜在尾矿砂中添加部分塑性指数小于 10%的软土，加入比例通过击实试验确定，取最大压实度时的添加比例，一般为 20%~40%。

3.3.4 当无机土壤固化剂胶结的细粒金属尾矿无法满足本规程的强度要求时，宜提高无机土壤固化剂掺量或细粒金属尾矿的可塑性以提高其强度。

3.4 固化细粒金属尾矿基层和底基层设计

3.4.1 固化细粒金属尾矿基层设计时，以无侧限抗压强度为主要控制指标，7d 无侧限抗压强度应符合表 5 或表 6 的要求。

表 5 公路固化细粒金属尾矿无侧限抗压强度指标

结构层	道路等级	7 天无侧限抗压强度 (MPa)		
		极重、特重交通	重交通	中、轻交通
基层	二级及二级以下公路、乡村道路	4.0~6.0	3.0~5.0	2.0~4.0
底基层	高速和一级公路	3.0~5.0	2.5~4.5	2.0~4.0
	二级及二级以下公路、乡村道路	2.5~4.5	2.0~4.0	1.0~3.0

注：1.公路等级高或交通荷载等级高或结构安全性要求高时，推荐取上限强度标准。

2.二级以下及中、轻交通公路可取低限值。

3.某一具体公路应采用一个值，而不用某一范围。

4.表中强度标准指的是 7d 龄期无侧限抗压强度的代表值，以下各表同。

表 6 城镇道路固化细粒金属尾矿无侧限抗压强度指标

结构层	7 天无侧限抗压强度 (MPa)		
	特重交通	重、中交通	轻交通
上基层	—	—	2.5~3.5
下基层	≥2.5	≥2.0	≥1.5

3.4.2 无机土壤固化剂胶结的细粒金属尾矿用做基层时，被胶结的细粒金属尾矿的质量应不少于 80%。

3.4.3 无机土壤固化剂胶结细粒金属尾矿用做底基层时，被胶结的细粒金属尾矿的质量应不少于 90%。

3.4.4 固化细粒金属尾矿的成型方法宜采用重型击实法确定最佳含水量和最大压实度。

3.4.5 不同等级道路基层（上基层）、底基层（下基层）的压实度要求应符合表 7 或表 8 的规定。

表 7 公路固化细粒金属尾矿的压实度

公路等级	高速和一级公路	二级及二级以下公路、乡村道路	
层位	底基层	基层	底基层
压实度 (%)	≥96	≥95	≥93

表 8 城镇道路固化细粒金属尾矿的压实度

层位	压实度 (%)		
	特重交通	重、中交通	轻交通
上基层	—	—	≥96
下基层	≥96	≥96	≥95

3.4.6 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 9 的规定。如试验结果的变异系数大于表中规定的值，应重做试验，并找出原因、加以解决；如不能降低变异系数，则应增加试件的数量。

表 9 最少试件数量

材料类型	变异系数要求	
	<10%	10%~15%
无机土壤固化剂胶结细粒金属尾矿	6	9

3.4.7 根据设计要求的强度标准，选择合适的无机土壤固化剂掺量，在此掺量下室内试验结果的平均抗压强度 R 应符合公式（1）的要求：

$$R \geq \frac{R_d}{1 - Z_a C_v} \quad (1)$$

式中：

R_d —设计抗压强度（表 5 和表 6）；

C_v —试验结果的变异系数（以小数计）；

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

3.4.8 进行生产配比调试时，应根据施工时的气候条件，通过试拌确定固化细粒金属尾矿拌制用水量。

4 施工要求

4.1 一般规定

4.1.1 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。

4.1.2 无机土壤固化剂胶结的细粒金属尾矿结构层在气候寒冷季节不宜暴露过冬。因工程需要时，可采取铺设防冻保护层的保护措施。

4.2 厂拌法施工

4.2.1 施工准备

4.2.1.1 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，混合料的拌合能力应与混合料摊铺能力相匹配。

4.2.1.2 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；尾矿砂和无机土壤固化剂存放必须采取防雨、防潮措施。

4.2.1.3 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。

4.2.2 混合料的拌合与运输

4.2.2.1 尾矿混合料在拌合过程中，应采取合适的搅拌措施使混合料搅拌均匀。

4.2.2.2 拌合混合料的含水量宜略大于其最佳含水量，以补偿摊铺和碾压过程中水分的损失。

4.2.2.3 宜每隔 2h 测定一次混合料的含水量，并做好专门记录。

4.2.2.4 若拌合场离摊铺地点运输用时超过 30 分钟，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。

4.2.3 摊铺

4.2.3.1 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。

4.2.3.2 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 300~400mm 的重叠。

4.2.3.3 混合料摊铺应保证足够的厚度，碾压成型后每层的摊铺厚度宜不小于 160mm，最大厚度不宜大于 200mm。

4.2.3.4 当混合料不能连续摊铺时，因故中断时间大于 2h，应设置横向接缝，并应符合下列规定：

1) 人工将末端含水量合适的混合料整齐，紧靠混合料末端放两根方木，方木的高度应与混合料的压实厚度相同，整平紧靠方木的混合料。

2) 方木的另一侧用砾石或碎石回填约 3m 长，其高度应高出方木 2~3cm，并碾压密实。

3) 在重新开始摊铺混合料之前，应将砾石或碎石和方木除去，并将下承层顶面清扫干净。

4) 摊铺机应返回到已压实层的末端，重新开始摊铺混合料。

5) 摊铺中断大于 2h 且未按上述方法处理横向接缝时，应将摊铺机附近及其下面未经压实的混合料铲除，并将已碾压密实且高程和平整度符合要求的末端挖成与路中心线。

4.2.3.5 二级以下道路基层施工，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：

1) 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；

2) 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；

3) 用平地机将混合料按松铺厚度摊铺均匀。

4.2.4 摊铺机摊铺碾压

4.2.4.1 对于无机土壤固化剂胶结细粒金属尾矿，碾压工序应在混合料初凝前及确定的延迟时间内完成。

4.2.4.2 对于无机土壤固化剂胶结细粒金属尾矿，应在混合料处于或略大于最佳含水量的状态下碾压。应考虑气候炎热干燥时，碾压时的含水量宜比最佳含水量提高 0.5%~1.5%。

4.2.4.3 应根据施工情况配备足够的碾压设备，并应符合下列规定：

1) 双向四车道高速公路或一级公路的平幅摊铺时，应配备不少于 4 台重型压路机。

2) 双向六车道的半幅摊铺时，应配备不少于 5 台重型压路机。

4.2.4.4 安排专人负责指挥碾压，严禁漏压和产生轮迹。

4.2.4.5 采用钢轮压路机初压时，宜采用双钢轮压路机稳压 2~3 遍，再用激振力大于 35t 的重型振动压路机、18~21t 三轮压路机或 25t 以上的轮胎压路机继续碾压密实，最后采用双钢轮压路机碾压，消除轮迹。

4.2.4.6 采用胶轮压路机初压时，应采用 25t 以上的重胶轮压路机稳压 1~2 遍，错轮不超过 1/3 的轮迹带宽度，然后采用重型振动压路机碾压密实，再采用双钢轮压路机碾压，消除轮迹，最后采用凸块式压路机碾压收面。

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

4.2.4.8 碾压成型后的表面应平整、没有轮迹。

4.2.4.9 碾压过程中，压路机严禁随意停放，应停放在已碾压完成的路段。

4.2.5 人工摊铺碾压

4.2.5.1 应根据路宽、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 2~3 遍。

4.2.5.2 整形后，当混合料的含水量满足要求时，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 6~8 遍。

4.2.5.3 压路机前两遍的碾压速度宜采用 1.5~1.7km/h 为宜，以后宜采用 2.0~2.5km/h。

4.2.5.4 严禁压路机在已完成的或正在碾压的路段上掉头或紧急制动。

4.2.5.5 碾压过程中，有“弹簧”、松散、起皮等现象时，应及时翻开重新拌合或用其他方法处理。

4.2.5.6 在碾压结束前，应用平地机终平一次，纵坡、路拱和超高应符合设计要求。终平时，应将局部高出部分刮除并扫出路外；对局部低洼之处，不再找补。

4.2.5.7 碾压应达到要求的压实度，并没有明显的轮迹。

4.2.6 接缝

4.2.6.1 基层施工应接缝紧密、连接平顺，不得产生明显的接缝离析。

4.2.6.2 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。

4.2.6.3 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。接缝处要加强碾压，特别是跨缝碾压，防止后续出现路面龟裂。

4.3 养生与交通管制

4.3.1 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，无机土壤固化剂胶结细粒金属尾矿砂宜采用薄膜养生或土工布覆盖养生。在养生期内应始终保持基层处于湿润状态，以防基层出现开裂或裂纹。

4.3.2 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。

4.3.3 基层养生期不应少于 7d，养生期宜延长至上层结构开始施工的前 2d。在养生期间应采取交通管制措施，严格禁止车辆通行。

4.3.4 养生完成的基层上禁止重型车辆通行，以保护基层结构不受破坏。

4.3.5 若养生完成后，不能及时摊铺沥青面层需通行车辆时，宜在喷洒透油层后铺筑下封层。

5 质量控制与验收

5.1 质量控制

5.1.1 原材料进场时应进行检验，检验样品应随机抽取。原材料的检验批次

应符合下列规定：

- 1) 无机土壤固化剂应按每 500t 为一个检验批，当不足上述数量时，按一批进行检验；
- 2) 拌合用水应按同一水源不少于 1 个检验批；
- 3) 细粒金属尾矿应按每 10000m³ 为 1 个检验批；
- 4) 每个检验批不应少于 3 组试样。

5.1.2 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。

5.2 质量验收

5.2.1 浸出重金属含量

经无害化处置或固化后细粒金属尾矿砂中可浸出重金属按 GB/T 30760-2014
中 8.2 中给出的方法进行检测，其含量不应超过表 10 规定的限值。

表 10 无害化处置或固化后细粒金属尾矿砂中可浸出重金属含量

重金属元素	限值 (mg/kg)
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

5.2.2 基层质量验收

无机土壤固化剂胶结的细粒金属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 基层质量验收标准

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	符合本规程表 7 和表 8 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	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 2000 m ² 成型 6~9 个试件	符合本规程规定或符合设计要求		T0805

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的有关规定”或“应按……执行”。

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。

- CJ/T 486 土壤固化外加剂
- CJJT286 土壤固化剂应用技术标准
- JTG E 42 公路工程集料试验规程
- GB/T 31288 铁尾矿砂
- GB/T 14684 建设用砂
- GB/T 8074 水泥比表面积测定方法 勃氏法
- GB 6566 建筑材料放射性核元素限量
- JTG E51 道路工程无机结合料稳定材料试验规程
- 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
- JTG 3450-2019 公路路基路面现场测试规程
- GB/T 30760 《水泥窑协同处置固体废弃物技术规范》
- GB/T 50123 土工试验方法标准
- GB/T 19077 粒度分布 激光衍射法
- GB/T 1346 水泥标准稠度用水量、凝结时间与安定性检验方法
- JGJ 63 混凝土用水标准

ICS 93. 080. 01

CCS Q10

DB 3405

马鞍山市地方标准

DB XX/T XXXX—XXXX

无机土壤固化剂胶结细粒金属尾矿应用于道路基层技术规程
Technical regulations for the application of inorganic soil curing
agent solidified fine-grained metal tailings in road subgrade

条文说明

(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

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

马鞍山市市场监督管理局 发布

目 录

1 总则.....	17
2 术语和符号.....	17
3 设计.....	17
3.1 一般规定.....	17
3.2 材料.....	18
3.3 固化细粒金属尾矿组成设计.....	18
3.4 固化细粒金属尾矿基层和底基层设计.....	18
4 施工要求.....	18
4.1 一般规定.....	18
4.2 厂拌法施工.....	19
4.3 养生与交通管制.....	19
5 质量控制与验收.....	20
5.1 质量控制.....	20
5.2 质量验收.....	20

Contents

1 General provisions	17
2 Terms and symbols	17
3 Design	17
3.1 General requirements	17
3.2 Materials	18
3.3 Composition design of solidified fine-grained metal tailings	18
3.4 Design of base and subbase for solidified fine-grained metal tailings	18
4 Construction requirement	18
4.1 General requirements	18
4.2 Plant mixing construction	19
4.3 Maintenance and traffic control	19
5 Quality control and acceptance	20
5.1 Quality control	20
5.2 Quality acceptance	20

1 总则

1.1 固化细粒金属尾矿是利用新型无机土壤固化剂胶结细粒金属尾矿，固化剂中的有效成分激发细粒金属尾矿的活性，使细粒尾矿共同参与固化反应，经成型、养护后形成尾矿固化体。固化细粒金属尾矿是一种生态友好的新型环保的工程材料，是对三合土和传统稳定土等材料的补充。

1.2 固化细粒金属尾矿可以广泛应用于公路和城乡道路建设，与传统稳定土和水泥稳定碎石相比，可充分利用细粒尾矿固废进行固化，避免购土回填，大大减少砂石料的开采和使用，不仅保护青山绿水，而且可以对固废进行资源化利用，无毒无害无污染、绿色环保，具有良好的经济效益和社会效益。

1.3 本条主要是对本规程在实施过程中与其他相关标准配套使用的关系作出规定。

2 术语和符号

2.1.1 无机土壤固化剂是一种胶凝材料，具有水化胶结性能。同时固化剂中的某些成分可以激发细粒金属尾矿的活性，使细粒尾矿与固化剂共同参与固化反应，从而提高了尾矿固化体的强度。

2.1.2 细粒金属尾矿是将尾矿中能用于工业生产原材料或建筑砂石筛除后剩余的粒径较小、颗粒较细的尾矿。

2.1.4 细粒金属尾矿为瘠性料，添加到细粒金属尾矿中能使其塑性增加的物质。

2.1.5 粒径为 0.3~500 微米的细粒金属尾矿中掺入适量的无机土壤固化剂、增塑剂和水，经拌合得到的混合料，再经压实、养生，其无侧限抗压强度符合道路基层或底基层规定的要求。

3 设计

3.1 一般规定

3.1.2 混合料的配制是固化细粒金属尾矿最终性能的基础。需要根据工程可能选用的细粒金属尾矿的种类、特点及其试验数据、工程设计需要的技术要求，进行无机土壤固化剂胶结细粒金属尾矿配合比设计和试验，根据试验数据确定合理的

细粒金属尾矿与无机土壤固化剂配合比、软土（增塑剂）的用量以及混合料的最佳含水量和最大压实度。

3.2 材料

3.2.1 无机土壤固化剂性能指标的要求，是在考虑经济性的前提下，保证有一定的早期强度。

3.2.2 细粒金属尾矿砂

3.2.2.2 细粒金属尾矿砂中有害物质的含量不仅影响固化细粒金属尾矿的早期强度，也对其无侧限抗压强度有明显影响，有害成分应符合规定。

3.3 固化细粒金属尾矿组成设计

3.3.1~3.3.4 这四条规定了细粒金属尾矿的组成设计，细粒金属尾矿的组成决定了固化细粒金属尾矿用于道路基层、底基层和垫层的性能，关系到公路的安全使用。

3.4 固化细粒金属尾矿基层和底基层设计

3.4.1 规定了不同道路等级和荷载等级的道路固化细粒金属尾矿的技术要求。固化细粒金属尾矿的无侧限抗压强度按照设计要求，经过试验和理论计算，可以满足各等级公路和城镇道路基层、底基层要求的强度值。固化细粒金属尾矿可满足高速公路、各等级公路和城镇道路基层和底基层的技术要求，但由于目前缺乏在公路极重、特重、重交通荷载基层，以及城镇道路特重交通上基层的工程实践应用，本规程未予列出相关指标。由于固化细粒金属尾矿在后期（45~90d 以后）仍有较大的强度发展，因而只规定了标准养护 7d 的最低值，具体强度设计值，可由技术经济综合评估来确定。

4 施工要求

4.1 一般规定

4.1.1~4.1.2 由于我国北方冬季气温较低，影响无机土壤固化剂与细粒金属尾矿的胶结反应，施工期时的气温低于 5℃严重影响固化细粒金属尾矿 7d 无侧限抗压强度。无机土壤固化剂遇水会发生胶凝反应，固化细粒金属尾矿中用水量过多也

会影响其反应的进程。

4.2 厂拌法施工

4.2.2 混合料的拌合与运输

4.2.2.1~4.2.2.4 厂拌法混合料的拌合均匀是保证施工质量的基本条件。混合料中的最佳含水量是无机土壤固化剂胶结细粒金属尾矿的关键。需要控制混合料在拌合与运输过程中水分的含量。

4.2.3 摊铺

4.2.3.3 近些年有些地方的工程出现摊铺厚度大于 200mm 的情况，如碾压厚度为 240mm 或 280mm。碾压厚度的增加，可以减少结构层的数量，改善层间结合，提高路面结构的整体性。但是要实现大厚度摊铺碾压，需要具备相应的大功率摊铺设备、足够的碾压设备和碾压功率。同时需要通过灌砂、钻芯等手段加强质量抽检，确保摊铺混合料的压实度、均匀性满足技术要求。混合料拌合能力没有提高时，大厚度摊铺不能有效提高混合料的施工效率，反而出现严重的等料情况，影响混合料摊铺的均匀性，造成过多的施工缝，影响施工质量。因此，如混合料的摊铺厚度为 240mm，比传统的 200mm 增加 20% 的厚度，混合料的拌合能力也需要提高 20%。

4.2.4 摊铺机摊铺碾压

4.2.4.1 碾压需控制在混合料初凝前及确定的延迟时间内完成。

4.2.4.2~4.2.4.7 规定了碾压的要求和步骤，这道工序决定了工程的外观质量和内在强度。

4.2.4.8 碾压完成后，在保证压实度的前提下，路面表面没有轮迹是基本的施工要求。

4.2.5 人工摊铺碾压

4.2.5.1~4.2.5.7 主要规定了碾压和整形施工的要求，这道工序决定了工程的外观质量和内在强度。其中碾压遍数应按照试验段现场试验确定，本条取经验值。在碾压和整形过程中要及时铲高补低，否则容易出现分层结皮等现象。

4.3 养生与交通管制

4.3.1~4.3.4 严格意义上说，基层从摊铺碾压完成，铺筑上层结构层之前都属于养

生期。因此，施工单位需制订合理的施工组织设计，安排好工序。

7d 是无机结合料稳定材料施工质量控制的一个时间节点。在第 7 天需要开展一系列的质量评定检测。因此，一般情况下，无机土壤固化剂胶结细粒金属尾矿施工后需要养生 7d。但这并不意味着，仅需要养生 7d，其养生期可直至上承层铺设之前。之所以给定 2d 时间，是因为在上承层施工之前，需要对现有施工断面进行清理并进行施工机械的调运、安装以及必要的层间处理。无机结合料稳定材料结构层养生 7d 后，其结构强度仍无法承受施工期间各种运料车的荷载，极易导致各种裂缝的产生。因此，有必要封闭交通。

5 质量控制与验收

5.1 质量控制

5.1.1 一般施工过程中无机土壤固化剂的原材料和细粒金属尾矿的成分都可能有变化，检查无机土壤固化剂和细粒金属尾矿的变化及时调整配比对固化细粒金属尾矿的质量控制是非常必要的。

5.2 质量验收

5.2.1 浸出重金属含量

出于环保考虑，提出经无害化处置或固化后细粒金属尾矿砂中可浸出重金属含量，用以防范重金属污染地表水或地下水。

5.2.2 基层质量验收

固化尾矿道路基层质量验收主要对混合料的压实度、平整度和无侧限抗压强度等质量控制与及时检测控制。